



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación de Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de máquina de Pants
adulto, Ate 2019**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Llanos Llanos Jesús Manuel (ORCID: 0000-0002-8769-3895)

ASESOR:

Mgr. Dixon Groky Añazco Escobar (ORCID: 0000-0002-2729-1202)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

Lima – Perú

2019

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico especialmente a la memoria de mi señora madre Epifania Llanos, por todo el esfuerzo dedicado en mi educación, motivándome en cada etapa de estudios para llegar a ser un buen profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud y la fuerza emocional para continuar con mis estudios.

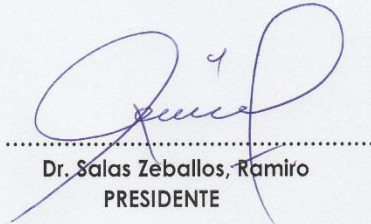
A mi madre quien siempre me dio confianza y fortaleza para cumplir mis metas.

A todos los ingenieros de nuestra universidad César Vallejo, por el asesoramiento constante durante los años de estudio, así también a los ingenieros con quienes vengo laborando, por su apoyo y comprensión.

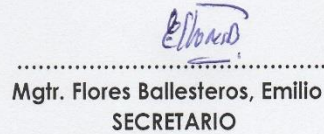
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) **LLANOS LLANOS, JESUS MANUEL** cuyo título es: **APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MÁQUINA DE PANTS ADULTO, ATE 2019**

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: **12** (número) **DOCE** (letras).

Lima, Ate, 04 de Julio del 2019.



.....
Dr. Salas Zeballos, Ramiro
PRESIDENTE



.....
Mgr. Flores Ballesteros, Emilio
SECRETARIO



.....
Mgr. Añazco Escobar, Dixon
VOCAL

 Elabora	 Dirección de Investigación	Revisó	 Sede: [illegible] del SGC	 Aprobó	 Vicerectorado de Investigación
--	---	--------	--	--	---

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo: Llanos Llanos Jesús Manuel con DNI N.º 09599142, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados de Bachiller de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaña el presente trabajo de investigación es veraz y autentica, que tiene como título:

**Aplicación de Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de máquina de Pants
adulto, Ate 2019**

Así mismo declaramos también bajo juramento que todos los datos e información del presente trabajo de investigación son auténticos y veraces. En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas en la Universidad César Vallejo.



.....
AUTOR

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ACTA DE APROBACIÓN.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	xiii
II. MÉTODO.....	34
2.1 Tipo y Diseño de investigación	34
2.2 Variable Operacional	35
2.3 Población y muestra	37
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	37
2.5 Procedimientos	38
2.6 Métodos de análisis de datos	63
2.7 Aspectos éticos	64
III. RESULTADOS.....	65
IV. DISCUSIÓN.....	77
V. CONCLUSIONES.....	78
VI. RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Indicadores de eficiencia de máquina que fabrica Pants de adulto	3
Tabla 2: Análisis de causas de tiempos de parada máquina de Pants adulto diario	7
Tabla 3: Expertos consultados	8
Tabla 4: Puntuación	8
Tabla 5: Relación Six Sigma - Lean Six Sigma.....	17
Tabla 6: Matriz de Operacionalización de variable independiente.....	35
Tabla 7: Matriz de Operacionalización de variable dependiente.....	36
Tabla 8. Gantt de actividades semanales para el desarrollo del proyecto	42
Tabla 9. Secuencias de la Metodología.....	42
Tabla 10. Costo por baja calidad	44
Tabla 11. Análisis de entradas y salidas del proceso de elaboración del Pants	45
Tabla 12. Designación de equipo de trabajo.....	46
Tabla 13. Procedimiento de las actividades en la fabricación del Pants adulto.....	49
Tabla 14. Project Charter.....	50
Tabla 15. Análisis de causas de tiempos de parada máquina de Pants.....	56
Tabla 16. Actividades en la zona de Corte y armado de Chasis antes de la mejora	59
Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la Capacidad efectiva por el momento de toma de datos	65
Tabla 18. Estadísticos descriptivos de las Horas paradas por el momento de toma de datos	66
Tabla 19. Estadísticos descriptivos del Waste por el momento de toma de datos	67
Tabla 20. Estadísticos descriptivos del rendimiento y calidad por el momento de toma de datos ...	68
Tabla 21. Predictores R cuadrado del modelo de regresión lineal múltiple.	69
Tabla 22. Prueba de regresión entre los Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste sobre el rendimiento del producto de la máquina de Pants.	70
Tabla 23. Coeficientes de regresión entre los Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste sobre el rendimiento del producto de la máquina de Pants.....	71
Tabla 24. Predictores R cuadrado del modelo de regresión lineal múltiple	72
Tabla 25. Prueba de regresión entre Capacidad efectiva, las Horas paradas, y el Waste sobre la calidad del producto de la máquina de Pants.....	73
Tabla 26. Coeficientes de regresión entre la Capacidad efectiva, las horas paradas y el Waste sobre la calidad del producto de la máquina de Pants.....	74
Tabla 27. Prueba de muestras emparejadas entre el rendimiento de la maquina productora de Pants pre y post test.....	75

Tabla 28. Prueba de muestras emparejadas entre la calidad del producto de la maquina productora de Pants pre y post test.	76
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Indicadores de producción Planta Corea	1
Figura 2: Indicadores de máquina planta Santa Clara.....	3
Figura 3: Implementación de metodologías en la empresa	4
Figura 4: Diagrama Ishikawa - Perdida de eficiencia en máquina de Pants adulto	5
Figura 5: Diagrama de Pareto - Perdida de eficiencia.....	7
Figura 6: Metodología DMAIC	16
Figura 7. Procesos estratégicos de la empresa	39
Figura 8. Flujo de procesos de fabricación del Pants	39
Figura 9. Diagrama de procesos del Pants.....	40
Figura 10. Árbol de características para la calidad	46
Figura 11. Flujograma del proceso de elaboración del Pants	48
Figura 12. Eficiencia de máquina de Pants	53
Figura 13. Diagrama Ishikawa.....	55
Figura 14. Diagrama de Pareto - Perdidas de eficiencias.....	56
Figura 15: Sistema de dosificación antes de lubricación Estación de corte anatómico.	57
Figura 16. Flujograma del proceso de Corte y Armado del Chasis, antes de la mejora.....	58
Figura 17. Flujograma del proceso de Corte y armado de Chasis, después de la mejora.....	60
Figura 18. Propuesta de mejora implementada, nuevo sistema de dosificación de alcohol	61
Figura 19. Comparación de mejora de Eficiencia en máquina de Pants	63
Figura 20. Distribución de los estadísticos descriptivos de los cortes totales por el momento de toma de datos.	65
Figura 21. Distribución de los estadísticos descriptivos de los Horas paradas por el momento de toma de datos.	66
Figura 22. Distribución de los estadísticos descriptivos del Waste por el momento de toma de datos.	67
Figura 23. Distribución de los estadísticos descriptivos del rendimiento y calidad por el momento de toma de datos.	68

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1: Causas de fallas en los dispositivos de corte (tabla en anexo)	8
Cuadro 2: Causas de fallas en los aplicadores de adhesivo (tabla en anexo)	8
Cuadro 3: Causas de fallas en el sellador US (tabla en anexo).....	9
Cuadro 4: Causas de regulaciones de variables de control (tabla en anexo)	9

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de Causas – Fallas en los dispositivo de corte.....	86
Anexo 2: Tabla de causas - Fallas en los aplicadores de adhesivo	86
Anexo 3: Tabla de causas - Falla del sellador US	87
Anexo 4: Tabla de causa - Regulación de variables de control	87
Anexo 5: Horas máquina parada por estaciones	87
Anexo 6: Ishikawa – Falla en los dispositivos de corte	88
Anexo 7. Ishikawa - Falla en los aplicadores de adhesivos.....	88
Anexo 8. Ishikawa - Falla en el sellador US	89
Anexo 9. Gráfico de Control de Horas de parada	89
Anexo 10. Prueba de normalidad Horas paradas	90

RESUMEN

El propósito de la presente investigación pretende determinar como la aplicación de Lean Six Sigma mejora la eficiencia de la máquina de Pants adulto, Ate 2019, en la empresa Corporación Productos Higiénicos S.A, para lo cual se propone aplicar la metodología Lean Six Sigma donde se desarrollara el DMAIC; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, con el fin de agilizar proceso y mejorar la calidad del producto, las etapas se realizan según plan de actividades.

En fase Definir, se diagnostica la problemática se define alcance y marco de trabajo del proyecto, se propone realizar mejoras en la estación de corte anatómico, para reducir los tiempos de parada que se dan por el defecto presentado. En fases Medir y Analizar, se recopila información de la base de datos del software de Eficiencia General de Los Equipos (OEE), la herramienta proporciona datos fiables en tiempo real de la producción. En fase Mejorar y Controlar, se implementan las mejoras dentro del proceso continuo para mejorar su rendimiento y reducir el desperdicio.

La investigación es tipo; aplicativo, cuantitativo, porque se aplicarán todos los conocimientos y habilidades basados en datos. El análisis pre experimental porque los resultados comprenden un antes y un después. La población está conformada por todas “las unidades producidas en la máquina de Pants”, la muestra por la naturaleza se considera igual a la población. Los instrumentos utilizados son; Técnicas de observación en campo, registro de datos estadísticos y el análisis documental.

Con la propuesta se consigue mejorar la eficiencia en un 22.2 %, llegando alcanzar un 76.5 % final luego de implementar la mejora. El rendimiento de máquina se incrementa en 13.2 % y la calidad en la máquina mejora en 2.4 %. Por lo que se concluye que la aplicación de la metodología tuvo un impacto favorable en la máquina.

Palabras claves: OEE, Eficiencia, Desperdicio, Rendimiento, Calidad

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine how the application of Lean Six Sigma improves the efficiency of the Adult Pants machine, Ate 2019, in the company Corporación Productos Higienicos SA, for which it is proposed to apply the Lean Six Sigma methodology where it will be developed the DMAIC; Define, Measure, Analyze, Improve and Control, in order to streamline process and improve product quality, the stages are carried out according to the activity plan.

In the Define phase, the problem is diagnosed, the scope and framework of the project are defined, it is proposed to make improvements in the anatomical cutting station, to reduce the downtimes that occur due to the defect presented. In Measure and Analyze phases, information is collected from the General Equipment Efficiency (OEE) software database, the tool provides reliable real-time production data. In the Improve and Control phase, improvements are implemented within the continuous process to improve its performance and reduce waste.

Research is kind; application, quantitative, because all the knowledge and skills based on data will be applied. The pre-experimental analysis because the results include a before and after. The population is made up of all “the units produced in the Pants machine”, the sample by nature is considered equal to the population. The instruments used are; Field observation techniques, registration of statistical data and documentary analysis.

With the proposal, efficiency is improved by 22.2%, reaching a final 76.5% after implementing the improvement. Machine performance is increased by 13.2% and machine quality improves by 2.4%. Therefore, it is concluded that the application of the methodology had a favorable impact on the machine.

Keywords: OEE, Efficiency, Waste, Performance, Quality

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

La empresa Corporación Productos Higiénicos SA, Líder en la manufactura de productos cuidado e higiene personal en la categoría de adulto, tiene proyectos para seguir invirtiendo en proyectos a corto plazo para innovar en la mejora de sus productos con el fin de incrementar sus exportaciones. Con la introducción del Pants para adulto en los mercados de Europa y Asia, se estima crecer en un 5% más del valor total de sus ventas de exportación que suman en la actualidad un 25%, estas proyecciones hacen notar la necesidad de mantener los indicadores de productividad dentro de lo planificado.

En Asia oriental, la corporación cuenta con una de sus plantas más modernas del continente, en Corea del Sur se tiene instalada la segunda generación de la máquina para la categoría Pants adulto. En el inicio de sus operaciones marco una tendencia única en este país, la primera generación de esta máquina fue instalada en Perú en el año 2011. La máquina fabrica el Pants adulto para incontinencia moderada, en la actualidad Planta Corea ha seguido evolucionando y mejorando su proceso invirtiendo capital en su maquinaria, registrando indicadores de producción que son considerados como buenos en la actualidad los registros de productividad son medidos y analizados con el uso de la metodología de la “Eficiencia General de Equipos” (OEE), que debe registrar como objetivo 85% de eficiencia productiva, con un desperdicio de producto no conforme en Waste alrededor del 2.5%, que son las metas para el 2019.

“El estudio OEE permite analizar exhaustivamente el estado del equipo, pero también para detectar los principales problemas, centrándose en lo que es más importante sin perder tiempo o recursos en otras cosas” (RANHAN, Rajeev; MISHRA, Ajay, 2016 pág. 9).

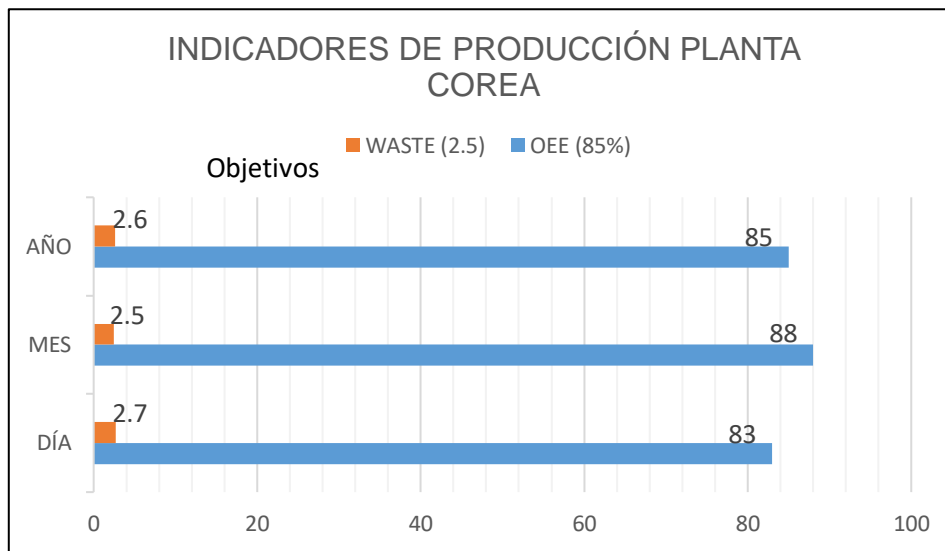
“OEE es conocido como uno de los programas de aplicación para el mantenimiento productivo total, la capacidad de identificar claramente las causas fundamentales y sus causas para que el esfuerzo de mejora se centre es el factor principal de este método” (SOSANTRI, Benti; YULHENDRA, Dedi y RABOWO, Heri, 2018 pág. 1).

Según reportes de jefatura de producción en el primer año de iniciada la producción se registraron paradas por distintos eventos; mecánico, electrónico y de operación, dentro del Top 3 de sus paradas se encuentra la estación de corte anatómico, para los años siguientes,

siendo los dispositivos de fabricación estándar, reportando problemas en el proceso diario, los recortes del producto llegaban hasta el producto final de empacado generando reprocesos y mostrando claras deficiencias productivas de la máquina, por lo que decidieron en su segundo año de iniciada sus operaciones, optar por cambiar los dispositivos de corte rotativo estándar por otro de mayor dureza e implementar metodologías para mantener en control las variables del proceso actual para mejorar sus indicadores de producción, haciendo una inversión aproximada de \$ 500,000 medio millón de dólares.

Los objetivos trazados en planta Corea están en desperdicio (Waste) un 2.5 % y el objetivo de OEE en un 85%.

Figura 1: Indicadores de producción Planta Corea



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de Waste diario están en 2.7%, mes 2.5% y año en 2,6%.

Los resultados de OEE diario está en 83%, mes 88% y año en 85%. Lo que demuestra que están dentro de los objetivos planteados por la jefatura.

En Latinoamérica la empresa se encuentra geográficamente bien ubicada, mantiene acuerdos comerciales muy importantes que en la actualidad suman 21. Los Tratados de Libre Comercio TLC permiten la exportación de los productos a casi todos los países de la región, lo que facilita el libre la comercialización es en parte a la reducción de los aranceles que hacen sustentable mantener el negocio en la categoría. Para enero de 2018 los mercados exportadores de pañal y Pants para adulto según fuente de la Sunat y La Comisión de

Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERÚ), registran la tendencia en un incremento del 1%, mostrando una cifra alentadora para las operaciones.

Del total de la producción mensual del Pants adulto se destina a la exportación un 85 % del volumen mensual planificado, dejando solo el 15% para el mercado local nacional.

El presente estudio se realizó en la máquina M2 de manufactura de la empresa, en la categoría femenino y adulto donde encontramos el producto “Pants” (ropa interior para incontinencia moderada) que tiene un diseño con forma anatómica en forma de trusa con bandas ajustables.

La empresa en Perú, viene atravesando la misma problemática que la planta ubicada en Corea, paradas por averías mecánicas, electrónicas y de operación están impactando los resultados planificados para el presente año, en el Top 3 de las paradas registradas según la base de datos se encuentra la estación de Corte anatómico, la presencia de recortes en su proceso de fabricación está generando pérdidas que reducen la eficiencia productiva obteniendo un OEE inicial de 54.3% y un desperdicio en razón porcentual del 4.8% por encima de lo planificado.

Tabla 1: Indicadores de eficiencia de máquina que fabrica Pants de adulto

INDICADORES DE EFICIENCIA DE MÁQUINA M2-PANTS					
Indicador		abril-19	may-19	jun-19	Promedio
OEE	Objetivo	73%	73%	73%	73%
	Resultado	60%	54%	49%	54%
Waste (desperdicio)	Objetivo	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
	Resultado	5.1%	4.3%	5.0%	4.8%

Fuente: elaboración propia

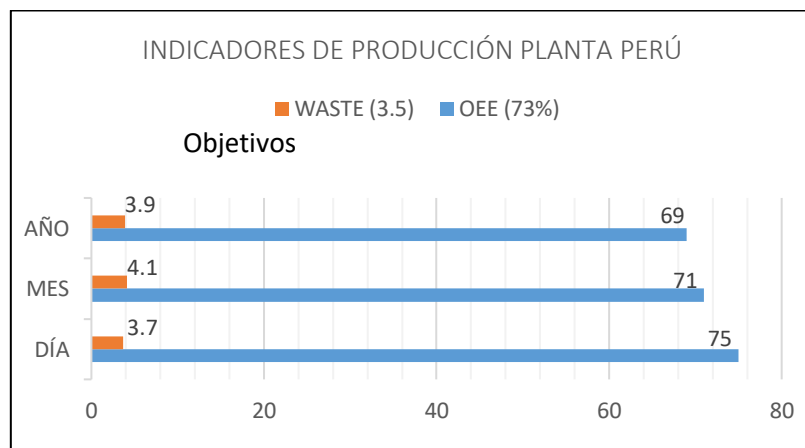
La línea cuenta con dos estaciones de corte; Corte anatómico y Corte final, son cambiadas según presentación solicitada; talla XG y talla PM contando con dos estaciones de repuesto, en ambas presentaciones se tiene el problema mencionado con más o menos frecuencia de paradas registradas según el periodo de mantenimiento que se les realiza.

Para el caso de estudio se analizó los tiempos de parada en la máquina, determinando que en el top se encuentra la estación de Corte anatómico la cual cuenta con un sistema de limpieza

y lubricación de residuos semiautomático para el dispositivo de corte rotativo y cuchilla (acerada), el proceso de armado de los componentes se realiza por termo fusión para la aplicación de adhesivos denominados de construcción a una temperatura de entre 140°C y 150°C. La transferencia de los componentes denominado “chasis” se realiza por intermedio de bandas de transporte que llevan como destino final al producto a la estación de empaqueo final, se utiliza un sistema de alto vacío para el retiro de los recortes y residuos.

Los recortes no son atrapados por el sistema de limpieza con que cuenta la estación de corte, haciendo notar que los dispositivos actuales están siendo insuficientes para el buen desempeño de la máquina. Desde el arranque de la línea de Pants adulto en 2011, esta no ha tenido mejoras significativas en su diseño, la alta rotación de personal en los últimos años ha mostrado una realidad preocupante debido al desconocimiento del proceso por parte del personal técnico que aún está en curva de aprendizaje que está siendo evaluado por la jefatura de producción. Otro de los inconvenientes que se presenta para afrontar el problema inversión de más recursos es el bajo volumen actual de productos programados al mes que están alrededor del 40% de la capacidad total con que cuenta la línea.

Figura 2: Indicadores de máquina planta Santa Clara



Fuente: diseño del autor

Considerando el desempeño de los indicadores actuales la gerencia general y jefatura de producción han validado las iniciativas de mejora propuestas por el área de procesos para lo cual destinarán las acciones y recursos necesarios en desarrollar proyectos de mejora continua implementando herramientas como Lean Six Sigma capacitando y entrenando al personal operativo en el uso de la herramienta para ayudar en el análisis con su experiencia,

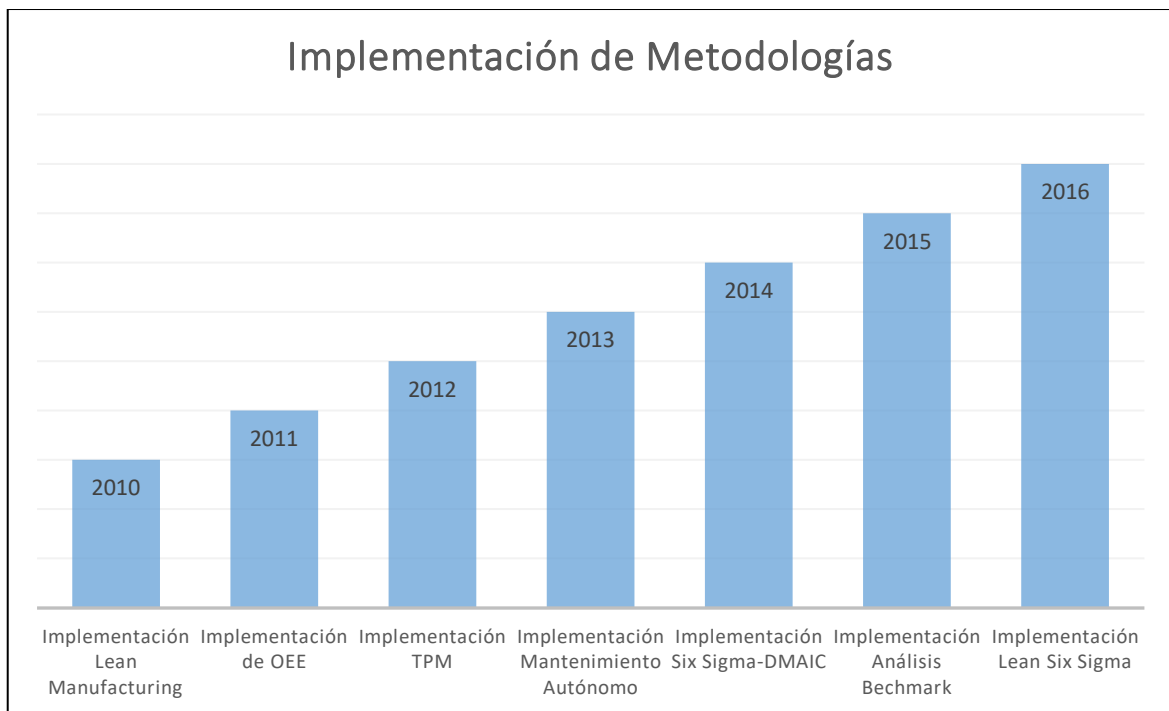
para determinar cuáles son las principales causas que generan los bajos índices de eficiencia y comenzar a mejorar el proceso.

La estadística es un elemento crítico de la metodología Lean Six Sigma, es usado para diseñar pruebas para la solución de problemas, convirtiéndose en cada vez más en la herramienta global más utilizada por las empresas (ZHAN Wei, 2016 pág. 110).

Lean Six sigma fusiona las herramientas de Lean Manufacturing con Six Sigma, para ofrecer a la industria una metodología muy efectiva en el tiempo estimado con bajo costo (VINHAIS, J., 2004).

En la presente tesis se pretende mostrar el impacto de Lean Six Sigma durante el proceso de elaboración del Pants de adulto en la línea M2, se enfocará al problema presentado en las paradas de máquina por la estación de corte y los dispositivos que la componen actualmente, para de esta forma contribuir en la reducción del desperdicio por paros no programados. Los resultados diarios, mensuales y anuales serán medidos por medio de la herramienta conocida como OEE y registrados en hoja de Excel para su análisis y seguimiento, los datos son emitidos en tiempo real de forma automática por medio de un software instalado en el módulo de control operativo, se cuenta con todos los datos en tiempo real..

Figura 3: Implementación de metodologías en la empresa



Fuente: diseño del autor

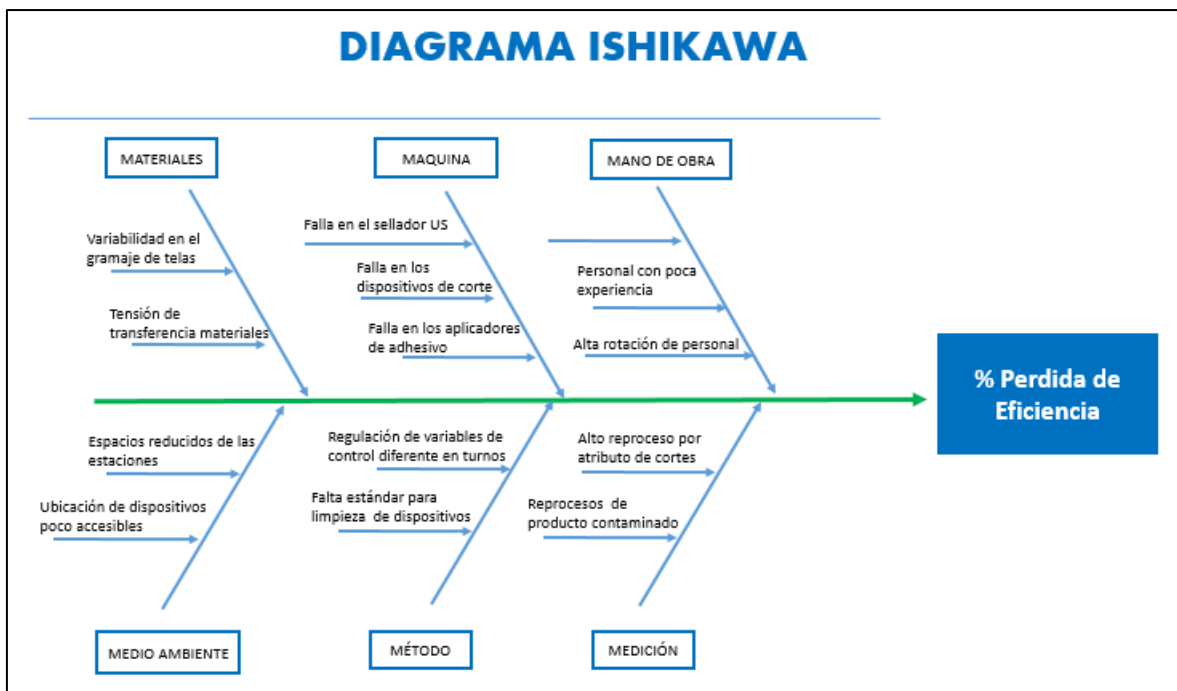
Durante los años 2014, 2015 y 2016 la empresa ha implementado herramientas de mejora continua con la finalidad de sostener sus procesos en objetivo reduciendo los desperdicios. En la actualidad la empresa cuenta con un orden Jerárquico Six Sigma (DMAIC), integrando: 1 Master Black Belt, 8 Black Belt, 40 Green Belt y 60 Yellow Belt, además de programar capacitaciones a todos los colaboradores en el uso de la herramienta Lean Manufacturing por esto se califica a todos los colaboradores como White Belt.

Se realizó el análisis junto al equipo de especialistas para señalar los factores que podrían estar provocando el defecto y que sean de utilidad para el análisis, en nuestro estudio se utilizó el método de Ishikawa más identificado como espina de pescado.

El diagrama de Ishikawa ha diseñado con el fin de definir en factores divididos según las posibles causas en los campos que intervienen (LUCA, Liliana; PASARE, Minodora y STANCIOIU, Alin, 2017 pág. 249).

“Diagrama de las causas - efectos son, como se señaló, un Método para el análisis detallado de la relación entre un sistema estado en observación (efectos) y Las variables influyentes que causan la ocurrencia de una condición dada (causa)” (STEFANOVIC, Slobodan, 2014 pág. 94).

Figura 4: Diagrama Ishikawa - Perdida de eficiencia en máquina de Pants adulto



Fuente: elaboración propia

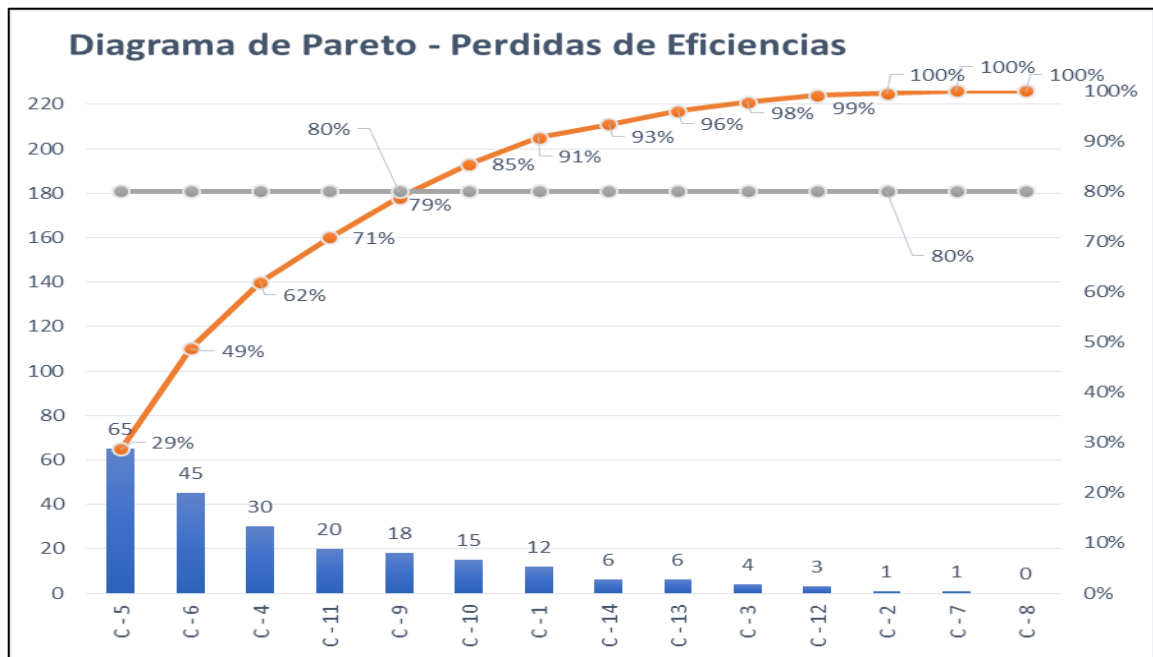
Se realiza un cuadro de frecuencia que ayude a identificar el mayor grado de incidencia con causas vitales y triviales, se identifica el mayor potencial de pérdidas en C-5 Falla en los dispositivos de corte. (Tabla 3).

Tabla 2: Análisis de causas de tiempos de parada máquina de Pants adulto diario

N°	Causas	Paradas tiempo (min)	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	80 -20
C - 5	Fallas en los dispositivos de Corte	65	65	29%	29%	80%
C - 6	Falla en los aplicadores de adhesivo	45	110	20%	49%	80%
C - 4	Falla en el sellador US	30	140	13%	62%	80%
C - 11	Regulación de variables de control	20	160	9%	71%	80%
C - 9	Parametros de Control no definidos	18	178	8%	79%	80%
C - 10	Frecuencia de limpieza sin definir	15	193	7%	85%	80%
C - 1	Personal con poca experiencia	12	205	5%	91%	80%
C - 14	Ubicación de dispositivos poco accesibles	6	211	3%	93%	80%
C - 13	Espacios reducidos de las estaciones	6	217	3%	96%	80%
C - 3	Alta rotación de personal	4	221	2%	98%	80%
C - 12	Falta de estándar para la limpieza de dispositivos	3	224	1%	99%	80%
C - 2	Falta de capacitación en cuidado autónomo	1	225	0%	100%	80%
C - 7	Variabilidad en el gramaje de telas	1	226	0%	100%	80%
C - 8	Tensión de transferencias materiales	0	226	0%	100%	80%

Fuente: diseño del autor

Figura 5: Gráfico Pareto - Perdida de eficiencia



Fuente: diseño del autor

El principio de Pareto es también conocido como la regla de 80/20, que se interpreta que el 20 por ciento de los defectos son de impacto en el 80 por ciento de sus resultados (CHOPRA, Kashish., 2017 pág. 25).

Para realizar el análisis de estudio se consulta el juicio de expertos destinados por la empresa en cada área de soporte para la máquina; especialista de proceso, analista de producción, analista mecánico y analista electrónico.

Tabla 3: Expertos consultados

Validación de expertos	
E-1	Especialista de procesos
E-2	Analista de producción
E-3	Analista mecánico
E-4	Analista electrónico

Fuente: diseño del autor

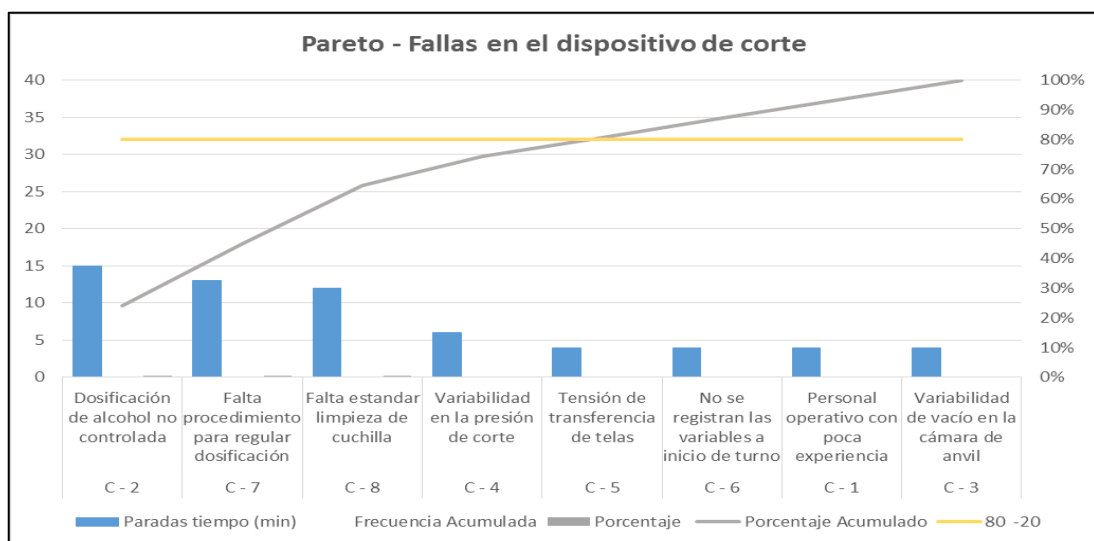
Tabla 4: Puntuación

Puntuación	
Siempre	4
Casi siempre	3
Alguna vez	2
Nunca	1

Fuente: diseño del autor

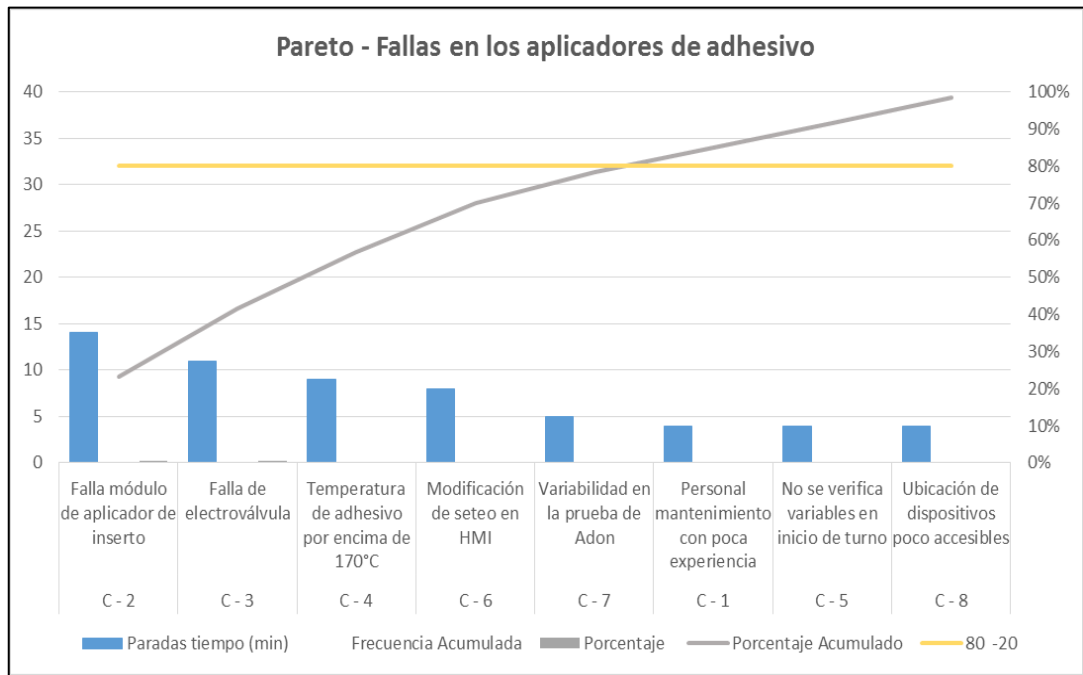
Del análisis se focaliza donde se tiene mayor oportunidad e identificar las causas vitales del proceso según grafica de Pareto:

Cuadro 1: Causas de fallas en los dispositivos de corte



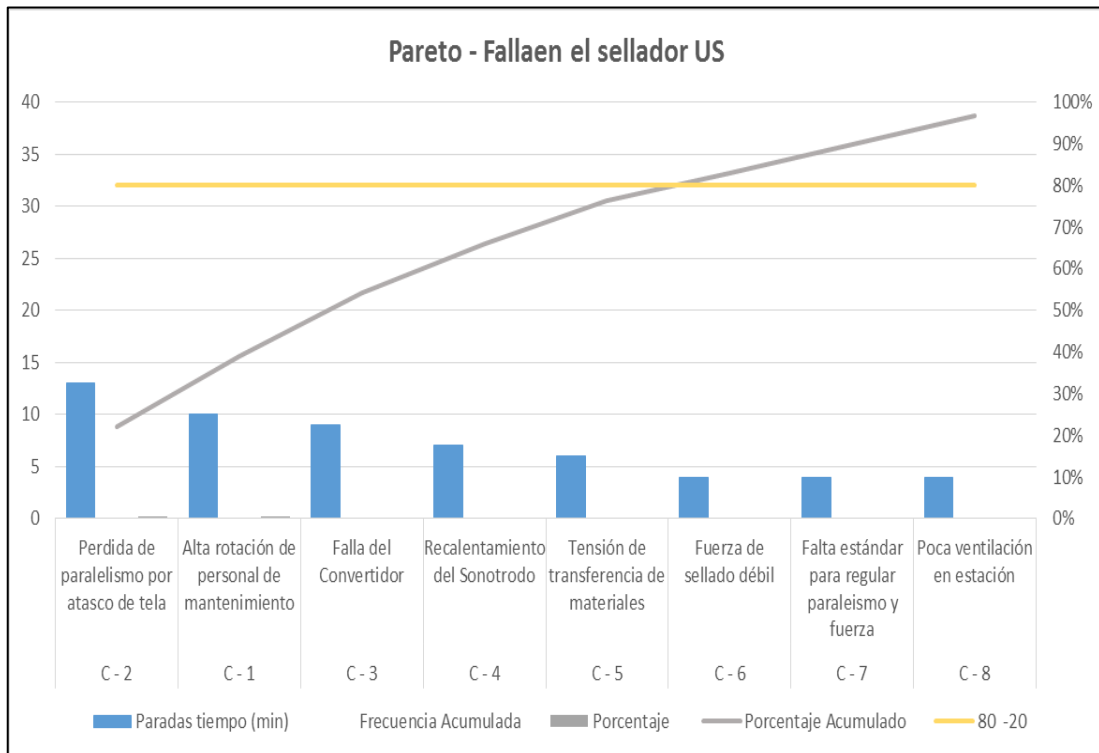
Fuente: diseño del autor

Cuadro 2: Causas de fallas en los aplicadores de adhesivo



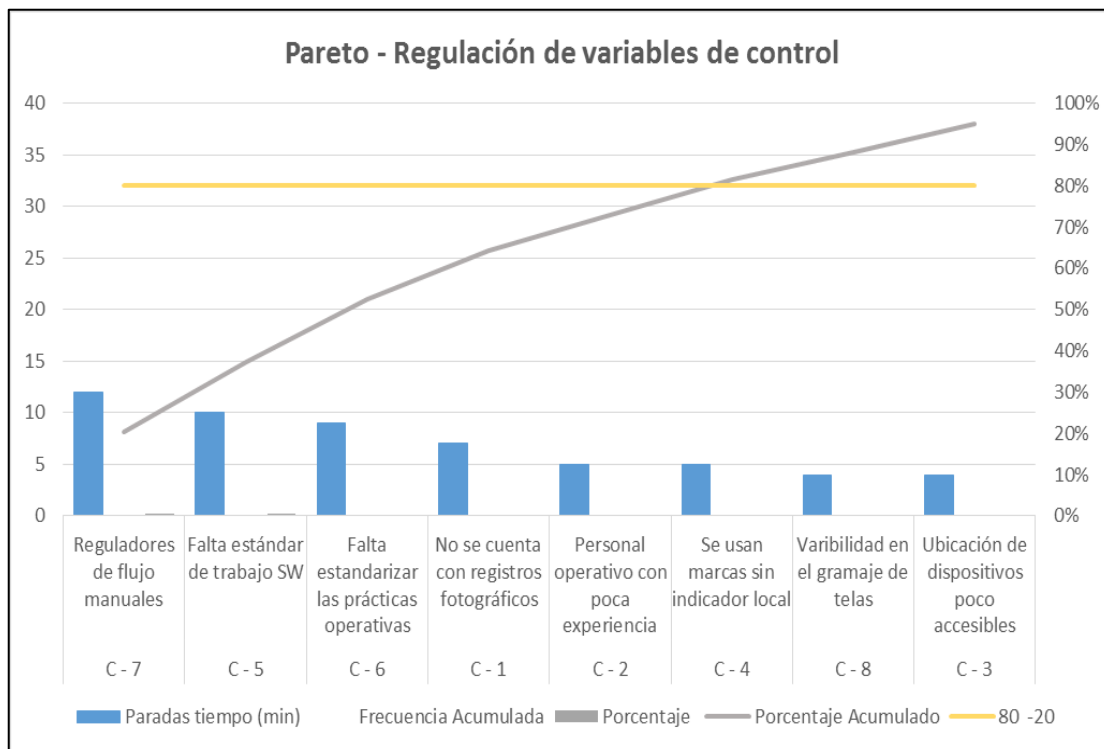
Fuente: diseño del autor

Cuadro 3: Causas de fallas - sellador US



Fuente: diseño del autor

Cuadro 4: Causas de regulaciones - variables de control



Fuente: diseño del autor

Trabajos Previos

Tesis internacionales

DIAGO, Victoria y MERCADO, Valeria. “Reducción de desperdicios en el proceso de envasado del yogurt Purepak de 210 g en la maquina Nimco en una empresa de lácteos, mediante la aplicación de la metodología Six Sigma” (DIAGO, Victoria; MERCADO, Valeria, 2013 pág. 86).

La tesis de estudio realizado en la cooperativa Costa Atlántica para reducir el volumen productos lácteos no conforme; queso, mantequilla y yogurt, el producto cuenta con características específicas; fecha de envasado, fecha de vencimiento, sellos de cierre de la caja de yogurt que deben tener una correcta alineación. Este proceso ha generado una gran cantidad de reprocesos en el último año del 1.64% incrementándose en sus últimos dos meses en 1.97%, el indicador que se plantea esta en el valor porcentual de 1%, de forma que se cuantifica en 108,286 unidades no conformes por año.

Ante esta problemática la metodología Six Sigma contribuyo en evidenciar oportunidades de mejora en la temperatura de sellados del envase de yogurt, propone aplicar TPM, cuidado autónomo, inspección de componentes mecánicos, para mejorar la capacidad de su proceso para reducir la cantidad de unidades defectuosas, se aplica la metodología DMAIC en sus cinco etapas se logra identificar las oportunidades.

La presente investigación ha sido de ayuda muy significativa, evidencia desperdicios en la etapa de envasado, ayuda a abordar cual es el problema con el uso de la herramienta Ishikawa para determinar el principal problema, salida de productos en especificación. Los reprocesos de los productos representan una pérdida económica para la empresa.

VACAS, Francisco Y LOAYZA, Juan. “Plan de mejora en el proceso de preparación de conservas en una industria alimenticia aplicando la metodología Six Sigma” (VACAS Francisco, LOAYZA Juan, 2009 pág. 174).

El objetivo al que se desea llegar implementando Six Sigma utilizando el método DMAIC; Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar, para una de las variedades de salsa que se producen en la planta, define que existen oportunidades, en este caso la industria no cuenta con parámetros de calidad del cliente externo lo que importa más es la densidad que el producto tenga. Por lo que las características de calidad se definirán por intermedio del cliente interno, deteniendo el proceso que no cuente con las características físico químicas del proceso.

La verificar la calidad de este producto se realizó un matriz de priorización para establecer cuál es el proceso; pesaje, preparación envasado, etiquetado o despacho, influencia más en el incumplimiento de las Norma Técnica Ecuatoriana INEN. El proceso no contaba con límites en sus especificaciones, por lo cual, el proceso no encontraba controlado, los operarios no utilizan los aparatos de medición de forma correcta, los registros de las especificaciones estaban fuera de la especificación del fabricante.

El estudio de la tesis ayuda a determinar el grado de impacto de la metodología en la estandarización del método operativo de control de pesaje de las salsas sea homogénea, para reducir la no conformidad de sus productos, se fijan los límites de especificación, así como la elaboración de formatos y fichas de control de especificación que mantengan el producto aceptable para el cliente interno dando confiabilidad al proceso, mejorando el flujo de la gestión.

MARCELA, Liliana. GAMBOA, Andrea Y GIL, Bryam. “Diseño e implementación de procedimientos de mejora para l disminución de producto defectuoso en la empresa Giorgio Sport S.A.” (MARCELA, Liliana; GAMBOA, Andrea y GIL, Bryam, 2016 pág. 86).

La compañía Giorgio Sport S.A se dedica a la fabricación de calzado, la empresa con una gran cartera de clientes mayoristas y minoristas. El problema actual que atraviesa contempla reclamos por parte de sus clientes quienes están haciendo devoluciones del producto final. El proyecto de investigación se focalizo en determinar las principales causas que provocan un 10% en promedio de producto defectuoso, la producción en un periodo de cuatro meses es de 15539 pares de los cuales se reporta una devolución de 1554 pares asociando los defectos los materiales usados y la mano de obra.

Durante el desarrollo de la metodología del proyecto se tiene en consideración el tipo de defecto y la capacidad de poder resolverlo tomando en cuenta el costo que se proyecte. Se inicia el proyecto con la aplicación pre definido del uso de la herramienta DMAIC en sus 5 fases para permitir desarrollar las mejoras del problema.

Se inició el estudio con el registro de datos históricos de la empresa y se utilizaron métodos estadísticos para mostrar el cómo se encuentra actualmente y se pueda determinar la capacidad de su proceso, en qué nivel sigma se encuentra, para presentar la importancia de desarrollar el proyecto. Para mejorar sus objetivos específicos se planean actividades directas atender las causas que originan los defectos que en su diagnóstico previo fueron determinados, en la etapa final de aplicación de la metodología se utilizaron las herramientas estadísticas para mostrar el antes y el después de haber aplicado las mejoras y mostrar los resultados de ahorro, el incremento de su capacidad productiva y el nivel sigma en el que se encuentra.

El estudio es una guía para el estudio de aplicación del método DMAIC en la identificación y propuesta de mejora ayuda al enfoque del problema y el alcance del proyecto, determina cuáles son los principales problemas que pueden estar generando desperdicios que se traducen en pérdidas económicas y la forma como se deben abordar para plantear soluciones sustentables de inversión.

Tesis nacionales

UCHIMA, Cristhian. “Aplicación de la metodología Six Sigma para el incremento de la eficiencia en una empresa agroexportadora” (UCHIMA, 2017 pág. 124).

Se tuvo como meta importante la aplicación de la metodología Six sigma, como herramienta para mejorar sus indicadores de eficiencia del proceso de la planta agroexportadora La Nuez S.R.L, se enfoca en la metodología DMAIC, analizando los principales causantes de defectos que reducen la eficiencia de sus procesos y que incrementan sus costos. Se realiza el diagnóstico determinando fallas en sus métodos utilizados que generan devoluciones por el área de calidad, la sobreproducción, exceso de inventario y los defectos en el producto generan reprocesos principalmente en su proceso de corte de castañas. Se propone para mejorar la situación actual aplicar las herramientas de manufactura de Lean Manufacturing tales como; las 5S, Total Productive Maintenance TPM, Poka Yoke, Kaizen, Just In Time JIT y Kanban. Estableciendo formatos de control administrativo para que los cambios se mantengan constantes de manera estándar.

La aplicación de las herramientas en propuestas contribuye en la mejora, se mantiene un área ordenada se controla la sobreproducción se produce solo lo que está planificado, se reducen los reprocesos en un 12%, se incrementa la productividad en un promedio de 28 kg/h, reduciendo el tiempo entrega de la unidad de venta de 7 días por contenedor en 4 días para entregar la unidad de venta.

El estudio presentado guía a la presente investigación en la aplicación desarrollando herramientas de Lean Manufacturing aplicación de Kaizen, para resolver problemas específicos, muestra el beneficio para el incremento de la productividad y se mejoran los tiempos de entrega de la unidad de venta, logrando estandarizar sus procesos con resultados positivos.

BARAHONA, Leandro Y NAVARRO, Jessica. “Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de Acero aplicando la metodología Lean Six Sigma” (BARAHONA Leandro; NAVARRO, Jessica, 2013 pág. 117).

Como objetivo de estudio propone desarrollar la metodología Lean Six Sigma en reducir el exceso de utilización del Zinc del proceso de galvanizado en el alambre trefilado en caliente, el objetivo es mantener el control de las variables de proceso para lo cual la metodología DMAIC le ha sido útil para definir y determinar el proyecto de mejora que se aplicara en el proyecto.

En el desarrollo para definir la problemática principal con la aplicación de matriz de enfrentamiento tomando en consideración las causas que originan pérdidas del mes y se

plantea la factibilidad para que puedan desarrollar soluciones a los problemas encontrados. El alto consumo de zinc se expresa en un sobreconsumo de 55 g/m² además se define el alcance los objetivos y las metas del proyecto de mejora.

Con la implementación de las mejoras de Six Sigma se logra disminuir la capa de zinc de 330 g/m² a 247 g/m² y se mantiene un proceso más continuo y estable desde la aplicación de la metodología. La inversión del proyecto al año fue de 43,166 dólares, generado un ahorro anual de 80454.6 dólares

El estudio ayuda en la presente tesis en la definición del problema principal y como utilizar la metodología para mostrar resultados de ahorro al mejorar la variabilidad del proceso, mejorar la eficiencia de la máquina, al mantener un proceso más continuo y reduciendo los costos al reprocesar los productos no conformes.

ABANTO, Rafael Y CABRERA, Luz. “Mejora de procesos en impresión Offset empleando la Metodología Lean Six Sigma para reducir el número de productos no Conformes” (ABANTO, Rafael; CABRERA, Luz, 2016 pág. 138).

En la tesis presentada la empresa Editora ABC, está teniendo perdidas por reprocesos en la impresión de afiches, siendo uno de los productos elaborados en papel coche de 115 mm de espesor debido a cuatro principales problemas; registro de colores, tonalidad de colores, corte irregular de hojas y merma. Las pérdidas por reprocesar el producto son del 8% más del costo de producción por millar que es 1800 unidades, teniendo pérdidas por millar de 35 soles.

El objetivo trazado para reducir las unidades defectuosas por tonalidad se fijó entre 300 y 200 unidades mensuales, teniendo que el actual reflejaba un resultado entre 458 y 299 unidades el resultado final de la aplicación del método se logra reducir el volumen de producto defectuoso entre 268 a 206 unidades de un total aproximado de producción mensual de 38232 unidades.

El proyecto desarrollado contribuye en reforzar los conocimientos sobre la aplicación de Six Sigma para ayudar a mantener en control el proceso, mostrando si esta fuera de los límites de especificación, ayuda a entender la importancia de mantener el proceso bajo control para evitar pérdidas o sobrecostos., que generan un ahorro para la empresa.

Teorías relacionadas al tema

Lean Six Sigma

A. Definición

La metodología se basa en mejorar el desempeño de los productos en función de los datos obtenidos, teniendo como meta la obtención de altos estándares de calidad, a diferencia de otros enfoques que también buscan reducir los defectos que se presentan. (PÉREZ, Esteban; GARCÍA, Minor, 2014 págs. 88-106)

LSS es una perspectiva de la mejora continua que ha sido bien recibido por los buenos resultados de forma efectiva a problemas presentados en las organizaciones en el presente (FELIZZOLA, Heriberto; LUNA, Carmenza, 2014 págs. 263-277)

La metodología enfoca paso a paso a lograr la excelencia operacional, para reducir el desperdicio y poder ofrecer productos de buena calidad en los tiempos estimados, para tener un análisis estadístico que permita desarrollar alternativas de solución se utilizaran datos históricos que serán expuestos en gráficos de Pareto.

El objetivo de la filosofía Lean es producir lo necesario y Seis sigma se orienta a reducir la variabilidad del proceso, la unión entre ambas herramientas genera un valor agregado (AROCA, Steven; PACHECO Leslie, 2017 pág. 28).

“El camino hacia un negocio lean Six Sigma es de mejora constante, lo que implica un cambio constante. En general, la gente se resiste cambio” (BOLTE, 2014 pág. 51).

La unión de técnicas de lean con los métodos utilizados por Six Sigma (DMAIC) con el objetivo de incrementar la velocidad de los procesos y reducir el desperdicio.

Se busca reducir los costos, incrementar la productividad, retención de clientes y la reducción de tiempo de ciclo y defectos. Para lo cual es importante el compromiso de la empresa (PACORA, 2018 pág. 2).

Lean y Six Sigma es la fusión de dos metodologías que comparten enfoques orientados a mejorar los procesos, sus diseños y herramientas son adaptables a las diferentes organizaciones para dar solución a sus problemas, mejorando sus procesos (PEREUS, Steven; ROHAN, Nathan, 2016 pág. 12).

B. Six Sigma

Six Sigma es resultado del desarrollo aplicado a las teorías clásicas de la calidad y la mejora continua, como el Control Estadístico de Proceso y la Administración de la Calidad Total TQM

Six Sigma contribuirá en reducir la cantidad de defectos del producto, logrando mantener los estándares para la entera satisfacción del cliente. (BRITS, H., 2018 pág. 42).

“Six Sigma es un proceso que otorga más valor a los clientes y partes interesadas con un enfoque en mejorar la calidad del producto y la productividad de la empresa [1]. Hay cinco etapas llamadas método DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar, controlar)” (INDRAWATI, Sri; RIDWANSYAH, Muhammad, 2015 pág. 529).

“Los equipos de mejora también se aferran a las herramientas Six Sigma porque los ejecutivos no se dan cuenta del poder de los pequeños cambios o fallas, en lugar de considerar la magnitud más importante” (CHAKRAVORTY, S., 2018).

Six sigma es una herramienta de mejora continua que focaliza el análisis en reducir la variabilidad para los procesos (HILL, Edward, 2018 pág. 46).

Cada etapa implica una aplicación rigurosa de las herramientas de calidad, es importante que el uso de la metodología DMAIC se realice en su totalidad en cada etapa, así como el análisis superficial de la variación, la aplicación del método muchas veces no es visible en sus inicios por los ejecutivos.

Figura 6: Metodología DMAIC



Fuente: elaboración propia

Elementos esenciales para la aplicación de la metodología:

- Procesos con datos en cada etapa.
- Procesos con un grado de madures evidente
- Procesos estandarizados.
- Maquinarias con mantenimiento estándar y rendimiento operativo.
- Conciencia de la organización del costo de la no calidad.

- Cultura de calidad desplegada a la organización.
- Liderazgo de la gerencia en la gestión de la calidad.
- Equipo de mandos medios con dominio de herramientas estadísticas y software estadístico

La metodología Six sigma históricamente tiene su origen luego del fin de la segunda guerra mundial, momento en el cual se van desarrollando y diversas herramientas para la estadística del control de procesos, se van integrando herramientas como TQM, SPC, el ciclo Deming. Para el año 1980, la empresa Motorola incursiona en el desarrollo del método asignándose una meta estimable para la organización; se evalúa el análisis de la variación de los procesos de Motorola, como una manera de ajustarse más a la realidad. Para el año 1988 Motorola plantea Six Sigma, como una estrategia de negocios y mejora de la calidad.

Posteriormente la herramienta fue mejorada y popularizada por la General Electric. La metodología desarrollada por Motorola tiene fuertes raíces en la herramienta DMAIC. Aunque el desarrollo de la herramienta dentro del sector empresarial industrial, también han sido empleadas con gran éxito en el sector de servicios actualmente. Six sigma está influenciado por las herramientas de lean Manufacturing con gran éxito, lo que por consiguiente ha generado una fusión de ambas metodologías para dar origen a lean Six Sigma LSS.

Tabla 5: Relación Six Sigma - Lean Six Sigma

Six Sigma	Lean six Sigma
Proyectos discretos para problemas específicos	Procesos de la cadena del mapa de valor o VSM (value stream map)
Enfoque de proyectos individuales	Enfoque de equipos multifuncionales
Reducción de variabilidad para garantizar calidad y productividad	Reducción de "desperdicio" para garantizar calidad y agilidad

Fuente: diseño del autor

Las 5 fases del DMAIC

Dimensiones de metodología DMAIC

Los pasos del método están definidos por sus siglas en inglés (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), traducidas al español se mencionan: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar.

El cálculo estadístico se define como importante para buscar con éxito propuestas para reducir los desperdicios y mejorar su índice productivo en ámbito empresarial, siendo aplicado en los diferentes sectores que producen y ofrecen servicios, técnicos de gestión (TORRES, Carlos; MONSALVE, Oscar, 2009 pág. 94).

“Las fases son apropiadas en tales circunstancias. Otros desafíos son moderados en su alcance y la mejora puede ser logrado a través de un evento Kaizen (evento de mejora rápida), esencialmente un DMAIC comprimido en el tiempo” (HUDSON, 2017 pág. 45).

Etapa definir

La forma de proceder asertiva, para poder definir de forma clara los objetivos es registrar los datos y estas puedan ser usadas en las herramientas para obtener resultados focalizando donde aplicarlos. (ESCALANTE, 2013 pág. 42)

En esta etapa se definirá la situación actual del problema, los requerimientos y lo que requiere el cliente. Se establece el alcance del proyecto, se plasma principio y fin del proyecto propuesto para mejorar. Contempla la formación de del equipo de trabajo, se define el problema estableciendo los objetivos, el paso final será plasmar el cronograma de actividades a desarrollar y proyectar de qué forma tendrá su impacto en la empresa.

“Una gran manera de asegurar que el DMAIC metodología (o cualquier mejora del conjunto de herramientas) se emplea para su mayor eficacia y elasticidad es ver los desafíos a través de los objetivos de la estrategia, operaciones y tecnología” (HOOK, 2016 pág. 36).

Este paso es la parte inicial del proyecto, se dará fundamento a las causas que impulsaron la propuesta del proyecto, se detallaran las actividades que se realizara por el equipo convocado manteniendo los aspectos fundamentales para poder desarrollar mejoras.

Aspectos fundamentales de la etapa:

Definir el foco de mejora

La importancia que representa elegir el caso del problema y su impacto que esta representa en el proceso, sirven para definir los objetivos a seguir, debe ser claro y específico, que sean entendible para la dirección de la empresa quien será el encargado de validar y aprobar su puesta en marcha y que este pueda contar con todo el soporte involucrado.

Se identifican las características críticas

Teniendo como base los criterios de selección e identificación de los problemas, se tendrá en cuenta los requerimientos del cliente en función al caso seleccionado definiendo su estado de criticidad, si resultan críticas para la calidad que tienen su impacto en la satisfacción entera del cliente, para definir las principales características haciendo uso del método de CTS (Critical To Satisfacción) o Críticas para la satisfacción, usualmente la conocemos como la “voz del cliente”, que define si el producto servicio cumple con los requerimientos del cliente. Para definir en función de lo que el producto ofrece como su desempeño se deriva en CTY (Critical To Product).

Se define el objetivo de la mejora

En la etapa adquiere gran importancia definir los objetivos, ya que todas las actividades giraran entorno a lo que se quiere alcanzar. Este debe ser claro y debe ser expresado en una solo frase:

- Definir el sentido de mejorar
- Definir el indicador numérico de desempeño
- Definir la referencia a un producto o proceso

Se formaliza el proyecto de mejora

En este paso se concluye el alcance, mediante documento lo que se va realizar en cada etapa, debiendo ser comunicado a todo el equipo integrante:

- Descripción clara del alcance y foco de mejora
- Justificación teórica del proyecto
- Proyección del impacto económico estimado
- Integrantes del grupo de investigación

- Cronograma de actividades
- Requerimientos e insumos necesarios para la investigación

Concluidos los aspectos fundamentales de la etapa todo el equipo debe tener claro lo que se espera conseguir con las responsabilidades asignadas, comprender cuál es la realidad actual por la que atraviesa la empresa, lo que requiere nuestro cliente, teniendo conocimiento que se cuenta con el respaldo de jefatura de producción.

Herramientas de la dimensión definir:

- **Árbol CTQ (la voz del Cliente)**, consta de graficas en forma de árbol para dar idea de cómo se observa el producto como cliente. La herramienta contribuye en encontrar el foco del problema, o lo que se puede mejorar, sea de un producto o servicio.
 “Cuando surgen dificultades para definir clientes y la voz del cliente (VOC), definiendo y la recopilación de los datos necesarios para estudiar y evaluar el proceso actual y estimar la capacidad del proceso puede ser desalentadora, si no imposible” (CHOW, Timothy; DOWNING, Craig, 2016 pág. 27).
 La herramienta se emplea para identificar lo que espera el cliente, propone parámetros de control que serán tomados como variables críticos para la calidad.
- **Mapeo de proceso**, representa el flujo de proceso en forma de figuras, el diagrama será lo más cercano al proceso que se tiene, y representara todas actividades que se realizan (actividades principales, inspecciones, esperas, transportes, reproceso). En él se puede representar desde las actividades más altas, hasta las pequeñas. Lo que se pretende tener es una visión amplia del proceso para generar las oportunidades, teniendo el panorama amplio se delimitara las actividades para el análisis adecuado.
- **Diagrama SIPOC** herramienta simple en donde se detallan y relacionan las entradas y salidas del proceso, donde se especifica por lo menos para cada entrada ya para cada salida un cliente. Por sus siglas se enmarca de la siguiente forma; proveedores (S), las entradas (I), el proceso mismo (P), las salidas (O) y los usuarios (C). El acrónimo en español es PEPSU.

“El valor y beneficio de un SIPOC son ampliamente conocido y abrazado en calidad disciplinas de gestión para poder para ofrecer una visión general rápida, sencilla y fácil de entender de un proceso y sus componentes dependientes” (BROWN, Charlie, 2019 pág. 201).

Gráficos que ayudan a comprender el comportamiento del proceso:

- **Project Charter**, es el documento formal de un proyecto en el que se detalla el objetivo del proyecto, donde se registra los requisitos iniciales para realizar la mejora para satisfacer las necesidades del cliente, autoriza el inicio de las actividades.
- **Histograma**, es una gráfica que se utiliza para evaluar la forma y dispersión de los datos de muestra continuos. Los histogramas pueden ser realizados antes o cuando se esté realizando el análisis contribuye a confirmar supuestos, para guiar en análisis posteriores.
- **Gráfico de Pareto**, También llamado curva cerrada o Distribución A-B-C, es una gráfica para organizar datos de forma que estos queden en orden descendente, de izquierda a derecha y separados por barras. Lo que permite la herramienta es asignar un orden de prioridades para atender que son denominadas vitales según el 80 - 20.
- **Gráfico de caja (box Plot)**, Es un gráfico que está basado en cuartiles y mediante el cual se visualiza la distribución de un conjunto de datos.
- **Gráfico de serie de tiempo**, muestra observaciones en el eje Y con respecto a intervalos de tiempo con igual separación en el eje X. Las gráficas de series de tiempo con frecuencia se utilizan para examinar variaciones diarias, semanales, trimestrales o anuales o efectos antes y después de un cambio de proceso.

Etapa Medir

Se tiene en esta etapa como objetivo principal los límites de control actual de la máquina y lo que se pretende mejorar. Se utilizarán las herramientas para medir la criticidad CTQs para determinar las causas que reducen los indicadores y se medirán los diferentes tipos de defectos. Seguidamente, se inicia el plan estructurado para la recolección de datos de forma general de todas las fuentes de las que provenga, y que sean de utilidad para formular hipótesis de causa y efecto. En este paso se realiza la comparación de resultados reales obtenidos y lo que el cliente requiere como especificaciones a cumplir.

“En la fase de medición, es necesario recopilar datos para poder establecer el rendimiento del proceso actual, como el índice de capacidad de proceso y el índice de rendimiento del proceso” (ZHAN, Wei; DING, Xuru, 2016 pág. 60).

Se debe tener las siguientes consideraciones:

- Capacidad efectiva del proceso
- Analizar el sistema de medición
- Revisión de normalidad
- Control estadístico de proceso

Herramientas de la dimensión Medir: Métricas Six Sigma

a) Medidas de tendencia central

- **Media:** se da como resultado de sumar los datos obtenidos y el resultado será dividido entre el número de datos.
- **Mediana:** se da como resultado el valor obtenido de los datos a la mitad siéndolos datos ordenados de mayor a menor.
- **Moda:** se da como resultado el dato que más veces se repite de un conjunto de datos.
- **Medidas de Variabilidad:** Dan como resultado a la proximidad entre los valores o puntuaciones o por lo contrario cuan separados o dispersos se encuentran.
- **Desviación estándar:** Es el reflejo de la variabilidad del proceso, la muestra para el cálculo debe ser grande, registrados en un tiempo determinado, con la denominación de la letra griega Sigma σ .
- **Rango:** mide la variabilidad que existe dentro de un conjunto de datos, se tiene como resultado la diferencia entre el dato mayor y el dato menor de la muestra.
- **Varianza:** es una medida de dispersión alternativa expresada en las mismas unidades de los datos de variable objeto de estudio. La varianza tiene como valor mínimo 0.
- **Coefficiente de variación:** nos indica la magnitud relativa de la desviación estándar comparada con la media. Es de utilidad para contrastar 2 o más variables que son medidas a diferentes escalas.
- **Medida de formas:** son indicadores estadísticos que permiten reconocer si la distribución de frecuencia presenta uniformidad.
- **Sesgo:** es una medida numérica de la asimetría en la distribución de un conjunto de datos.
- **Curtois:** Estadístico que mide que tan elevado o plana es la curva de la distribución de unos datos respecto a la distribución normal.
- **Gráficos de distribución de la normal:** la gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro estadístico. Esta curva se conoce como campana de Gauss y es el gráfico de una función gaussiana.

- **Gráficos de control:** sirven para poder analizar el comportamiento de los diferentes procesos y poder prever posibles fallos de producción mediante métodos estadísticos. se utilizan en la mayoría de los procesos industriales.
 - X-R (Media y rango)
 - X-S (Media y desviación estándar)
 - Individuales (Media y Rango Móvil)
- **Capacidad de proceso:** es el grado de aptitud que tiene un proceso para cumplir con las especificaciones técnicas solicitadas, si la capacidad es alta, se dice que el proceso es capaz, cuando se mantiene estable a lo largo del tiempo, se dice que el proceso está bajo control, cuando no ocurre esto se reconoce que el proceso no es adecuado para el trabajo o requiere de inmediatas modificaciones.

Etapa Analizar

El análisis es la etapa en la que se define las causas que están provocando los problemas de la variabilidad existente y se determina la ruta a seguir para mejorar (SOCCONINI, 2016 pág. 135)

En este paso se analizará la información registrada teniendo como propósito la determinación de posibles causas que estén afectando los procesos y que sirvan para generar mejoras. Las oportunidades de mejora serán atendidas teniendo en cuenta la entera satisfacción de lo que el cliente exige.

a) Herramientas de la etapa Analizar

- Diagrama de Ishikawa, Es una herramienta de análisis muy efectiva que por la forma que se representa se le conoce como; diagrama de espina de pez. Siendo una representación gráfica de todos los factores que interactúan en el proceso para definir que está impactando el proceso.
- Análisis de modo y efecto de la falla (AMEF), herramienta que permite identificar, caracterizar y asignar una prioridad a las potenciales causas negativas de un proceso o producto.
- Diagrama de dispersión, correlación y regresión: es una herramienta gráfica que ayuda a identificar la posible relación entre dos variables. Representa la relación

entre dos variables de forma gráfica, lo que hace más fácil visualizar e interpretar los datos.

Desarrollar AMEF en la empresa

1. Forma un equipo.
2. Definir el alcance.
3. Lista las fallas o posibles fallas del producto.
4. Asigna el grado de severidad de tu producto.
5. Asigna el grado de ocurrencia.
6. Asigna el grado de detección de fallas.
7. Calcula el RPN.

Etapa Mejorar

En este paso se desarrolla la propuesta de mejora con el propósito de atacar la causa raíz, una vez que se ha definido que el problema existe y de qué forma está impactando al proceso y que no es solo un evento aleatorio, desde este punto se evalúan los resultados que el cliente solicita. Se inicia un plan de implementación que vaya paralelamente al desarrollo de las actividades productivas.

a) Herramientas de la dimensión mejorar

- OEE (Overall Equipment Efficiency): para comprobar si las mejoras sobre el proceso se ven reflejadas en la eficiencia de la máquina.
- Plan táctico de implementación (TIP), Formato de seguimiento de actividades o taras para poder cumplir con las soluciones asignadas en la revisión del AMEF

Etapa de Controlar

Identificado el problema a mejorar y teniendo en cuenta las posibles propuestas a desarrollar para mejorar el desempeño del proceso, teniendo en cuenta que su aplicación dará como resultado mantener su permanencia en el tiempo como estándar. Para lo cual será importante estructurar flujos de control para dar soluciones que contribuyan a mantener en control los procesos, es importante sustentar con estadísticas en presentaciones al equipo, se debe

utilizar gráficos comparativos, diagramas de flujo, formatos de control visual, planes de mantenimiento, planes de acción, etc.

a) Herramientas de la dimensión controlar

➤ Control estadístico de proceso

Mantener todo lo realizado anteriormente en control estadístico con controles visuales siempre activos y actualizados.

➤ Documentación de procedimientos

Mantener todos los documentos de procedimientos realizados, se busca documentar para estandarizar el proceso, teniendo presente que la mejora continua es parte de una cultura que debe emplearse a diario. Con estos procedimientos se procederá con la estandarización del proceso

Indicadores y Formulas de Lean Six Sigma DMAIC alternativos

a) Indicadores de la dimensión Definir

➤ Cumplimiento de Project Charter

Es un formato documentario entregable, registra el propósito del proyecto que se va realizar junto a todo el equipo Six Sigma al final de la etapa definir.

Comparando el Project carácter entregado de las programadas, para comparar el avance del documento en porcentaje, se tiene:

$$PC = \frac{CRPC}{RPCP} \times 100$$

PC: Project Charter

CRPC: Cumplimiento requerimiento Project Charter

RPCP: Requerimientos Project carácter programado

b) Indicadores de la dimensión Medir

➤ Línea base del proceso

Ayuda a identificar el valor de los indicadores al momento de iniciar las acciones planificadas.

$$DGC = \frac{EGCC}{EGCP} \times 100$$

DGC: Determinación de gráficos de control

EGCC: Entrega de gráficos de control cuantificada.

EGCP: Elaboración gráficos de control programados

c) Indicadores de la dimensión Analizar

- Estudio AMEF

Se demuestra y da valor a cada causa identificada en los diagramas de Ishikawa, al finalizar cada causa posee un RPN que lo identifica.

$$ACRAI = \frac{CAIA}{ACAI} \times 100$$

ACRAI: Análisis causa raíz AMEFI

CAIA: Causas AMEF I analizados

ACAIP: Análisis causas AMEF I programado

d) Indicadores de la dimensión Mejorar

- Estudio AMEF

Se revisa el RPM según prioridades y se proponen soluciones, después de ello se vuelve a recalcular los RPM.

$$EPAII = \frac{TAII}{E} \times 100$$

EPAII: Ejecución plan acción - AMEF II

TAII: #Tareas AMEF II ejecutadas

TAIIP: #Tareas AMEF II programado

e) Indicadores de la dimensión Controlar

- Flujos de control de procesos

Se programarán periodos de revisión de la documentación y del proceso, en caso de encontrar variables fuera de rango se procederá a revisar la documentación de flujo de proceso estandarizado.

$$CP = \frac{ICR}{PIC} \times 100$$

CP: Control de procesos

ICR: #Inspecciones de control realizadas

PICP: # Plan inspección de control programadas

Indicadores de Operalización

Variable independiente: Lean Six Sigma

a) Capacidad efectiva de Producción

Es la producción real obtenida en un tiempo determinado o programado es ideal para medir la eficiencia de la producción.

$$CEP = TO \times VO$$

CEP: Capacidad Efectiva de Producción

TO: Tiempo de Operación

VO: Velocidad Objetivo

TO: Resulta de la diferencia del tiempo programado de producción menos el tiempo en que la máquina estuvo parada

VO: La velocidad objetivo de la máquina M2 es de 220 PPM (pañales /min)

b) Promedio de Paradas

Resulta de la suma de todas las horas que la máquina estuvo detenida, entre el total de paradas que ocurrieron en el turno de 8 horas de producción.

$$P = \frac{\Sigma HP}{TP}$$

P: Promedio de Horas Paradas

Σ HP: Suma de Horas Paradas

TP: Total de Paradas

Σ HP: Es el total de horas que la máquina no ha producido ninguna unidad.

TP: Es la cantidad de veces que la máquina ha parado en un turno 8 horas.

c) Desperdicio (Waste)

Es la razón porcentual de cuantas unidades no salieron buenas a la primera, no contempla las unidades bloqueadas o a reprocesar como buenas.

$$D = \frac{PD}{PT} \times 100$$

D: Desperdicio

PD: Producción Defectuosa

PT: Producción Total

PD: Es el total de unidades buenos o malos producidos por la máquina M2. Pero que no salieron al mercado.

PT: Es el total de unidades que la máquina produjo en el turno 8 horas.

Variable dependiente: Eficiencia

Es lo que resulta de utilizar los recursos empleados en la obtención de productos buenos a la primera, lo que implica reducir tiempos, paradas de máquina y utilizar adecuadamente los recursos (VERA, 2018 pág. 28)

El OEE es considerado como un indicador de eficiencia para la el ámbito industrial y administrativo, es utilizado como instrumento importante dentro de lo que es la mejora continua. Se describe por sus siglas en inglés como "Overall Equipment Efficiency" o "Eficiencia Global de Equipos".

La unidad de medida OEE indica cuales son las perdidas y donde están los puntos críticos del proceso y evidencia para una buena toma de decisiones por la supervisión, con el fin de dar sustenta a las decisiones para las intervenciones, para los análisis del índice de OEE anual sirve para estimarlas especificaciones de personal, materiales, equipos, etc.

“El acto de medir se realiza a través de la comparación y esta no es posible si no contamos con una referencia con la cual contrastar el valor de un indicador. Esa desviación es la que realmente se nos transforma en el reto a resolver” (RODRIGUEZ, F.; BRAVO, L., 1991 pág. 37).

La herramienta muestra el vínculo que une lo que se produce con lo que se utiliza para producir y los medios que se emplean, son medibles en cuanto al desempeño y la eficiencia de las máquinas, así como de servicios reflejan cuan productivos son los procesos para la industria.

Los indicadores de Eficiencia Global Productiva (OEE) de las máquinas se utilizan para analizar, evaluar y medir el resultado para contribuir a reducir los desperdicios e incrementar la eficiencia. Estas mediciones son utilizadas por lo general para evaluar el éxito de las empresas en relación a las metas y objetivos estratégicos específicos.

Las 6 categorías importantes de pérdida para el OEE:

- Pérdidas de tiempo por averías externas (alimentación eléctrica, etc.)
- Pérdidas de tiempo por averías cambios (mejoras, cambio de producto)
- Pérdidas de tiempo por averías máquina (averías electrónicas y mecánicas)
- Pérdidas de reducción por la velocidad (velocidad menor al objetivo)
- Pérdidas de tiempo por averías mano de obra de personal de operación.
- Pérdidas de tiempo por averías de productos (unidades descartadas).

Según Vega, la variable dependiente; Cuyo valor depende del comportamiento de otras variables, para nuestro caso definimos la eficiencia en el consumo de chatarra vs la cantidad de producto elaborado. 41 % de eficiencia: Es el % entre el peso de producto elaborado vs el peso de la chatarra consumida. (VEGA, 2012 pág. 41)

Se define al OEE como la razón porcentual utilizada para monitorear y medir la eficiencia de los procesos y de los equipos industriales en general. Esta razón es usada para dar valor porcentual a la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de un máquina o línea productiva.

Los datos son registrados en tiempo real del proceso, sirve para medir el buen funcionamiento de los equipos, el rendimiento en términos de continuidad y la reducción de sus defectos en términos de calidad.

EL OEE es usado para monitorear y medir la eficiencia de lo que se produce en las empresas, el análisis de la eficiencia total permite obtener datos específicos sobre la maximización del proceso y poder medir la capacidad efectiva de un equipo. Así también determinar si una empresa está utilizando sus recursos de forma correcta sin elevar los costos de producción,

la información contribuye en establecer los parámetros para satisfacer a sus clientes en términos de calidad

En el marco conceptual del OEE, permite analizar los costos que no se visualizan que son considerados como perdidas en cuanto a la operación, el mantenimiento y los recursos empleados. (BANCES, 2017 pág. 18)

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} * \text{RENDIMIENTO} * \text{CALIDAD}$$

Indicadores de Operalización

Variable Dependiente OEE

a) Dimensión 1: Disponibilidad

Porcentaje de producción programada (para medir la confiabilidad) o las horas de calendario 24 horas / 7 días a la semana / 365 días al año (para medir la utilización de los equipos), que el equipo está disponible para la producción.

Disponibilidad

$$D = \frac{TO}{THPgr} \times 100$$

D: Disponibilidad

TO: Tiempo de Operación

THPgr: Total de Horas Programadas

TO: Es el tiempo en que la máquina estuvo produciendo, es la diferencia entre las horas programadas y las horas paradas.

THP: Es el total de horas que se programa que trabaje la máquina por turno normalmente 8 horas

b) Dimensión 2: Rendimiento

Rendimiento es el porcentaje de tiempo disponible que el equipo está produciendo producto a su velocidad teórica para productos individuales. Mide las pérdidas de velocidad. (Por ejemplo, ineficientes de lotes compotas, máquina)

Rendimiento

$$R = \frac{TUP}{TUPgr} \times 100$$

R: Rendimiento

TU: Total de Unidades Producidas

TUPgr: Total de Unidades Programadas

TU: Es el total de unidades que se produjeron en el turno, no diferencia buenas o con defectos.

TUPgr: Es el total de unidades que se programa normalmente 8 horas un turno.

c) Dimensión 3: Calidad

Porcentaje de buenas piezas vendibles a partir de piezas producidas por total de tiempo. Determinar el porcentaje de la producción total que es bueno, es decir, todos los productos, incluyendo producción, ingeniería de re trabajo y chatarra.

Calidad

$$C = \frac{TUC}{TUP} \times 100$$

C: Calidad

TUC: Total de Unidades Conformes

TUP: Total de Unidades Producidas

TUC: Es el total de unidades buenas a la primera.

TU: Es el total de unidades que se produjeron en el turno, no diferencia buenas o con defectos.

Formulación del problema

Problema general

¿De qué manera la aplicación de Lean Six Sigma mejorara la eficiencia de la máquina de Pants adulto, Ate 2019?

Problemas específicos

¿De qué manera la aplicación de Lean Six Sigma mejorara el rendimiento de la máquina de Pants adulto, Ate 2019?

¿De qué manera la aplicación de Lean Six Sigma mejorara la calidad en la máquina de Pants adulto, Ate 2019?

Justificación del estudio

Justificación teórica

El conocimiento teórico y científico adquirido para explicar el presente proyecto, es producto de la investigación de la metodología en mención, donde se propone desarrollar paso a paso la aplicación con fundamentos que sustentan su factibilidad. Los procedimientos serán plasmados en cada una de las etapas con la intención de llegar a plantear mejoras de manera sustentable sin generar altos costos, siendo aplicados de manera práctica como modelos de solución de los problemas.

Justificación práctica

El proyecto de investigación pretende ejecutar mejoras en la máquina que elabora el Pants de adulto, se busca resolver problemas que están disminuyendo la eficiencia de la máquina. Se toma como oportunidad, capacitar al personal operativo que de forma empírica trata de resolver los problemas que presentan defectos.

La propuesta permitirá aplicar en campo el uso de las herramientas de mejora con que cuenta la empresa, se realiza el monitoreo diario que ayudará a corregir las desviaciones del proceso operativo y su interacción con los dispositivos actuales para hacer eficiente la condición actual.

Justificación metodológica

La presente investigación comprende el estudio aplicado, pre-experimental de alcance longitudinal. El fin de efectuar un registro de datos de la máquina para luego ser analizados antes y después de la prueba, por lo que se registrarán de forma manual los datos de los indicadores para su estudio. Los registros contribuirán a las propuestas de mejora del proceso que se consideran vitales en su incidencia, con sustento de la información descargada de los registros de la máquina y su posterior análisis.

Objetivos

Objetivo general

Determinar como la aplicación de Lean Six Sigma mejora la eficiencia de la máquina de Pants adulto, Ate 2019

Objetivos específicos

Determinar como la aplicación de Lean Six Sigma mejora el rendimiento de la máquina de Pants adulto, Ate 2019.

Determinar como la aplicación de Lean Six Sigma mejora la calidad en la máquina de Pants adulto, Ate 2019.

Hipótesis del estudio

Hipótesis general

Aplicación de Lean Six Sigma mejorara la eficiencia de la máquina de Pants adulto, Ate 2019.

Hipótesis específicas

Aplicación de Lean Six Sigma mejorara el rendimiento de la máquina de Pants adulto, Ate 2019.

Aplicación de Lean Six Sigma mejorara la calidad en la máquina de Pants adulto, Ate 2019.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

2.1.1 Aplicada

Resulta aplicada al puntualizar el análisis de problemas verdaderos que ocurren y el hecho de que se proponen soluciones prácticas basadas en metodologías aplicables (MEDINA, Gustavo; MONTALVO, Gina y VÁSQUEZ, Manuel, 2018 pág. 3).

En la presente investigación se busca aplicar los conocimientos adquiridos en la práctica a la misma vez se adquiere nuevos conocimientos para resolver los problemas, haciendo estudio del método a emplear se busca mejorar la eficiencia de la máquina, en cada una de las etapas para incrementar los resultados de rendimiento y calidad que están generando pérdidas en la producción del Pants adulto.

2.1.2 Cuantitativa

En la presente investigación se trabajará con la base de datos registrados en OEE, que otorga datos fiables de todo el proceso; producción buena, y todas las pérdidas que tiene el proceso de la máquina M2, en este caso se usaran secuencialmente por turnos, se comienza separando los registros cuantificando los resultados para ser analizados en formato de Excel. Se plantearán los objetivos y se formularán preguntas durante el desarrollo de la investigación, se analizarán las posibles respuestas, que serán traducidas como hipótesis a investigar, para luego determinar el tipo de muestra.

2.1.3 Pre-experimental

Los datos serán cuantificados en el diseño pre experimental, para luego ser muestreados antes de las mejoras a implementar y luego de realizada la mejora, aplicando el R cuadrado de Pearson (SANCHEZ, Andres, 2017 pág. 1).

La investigación es Pre-experimental por finalidad que persigue alcanzar al manipular más de una variable definida, no se posee un control absoluto sobre la totalidad de las variables, en este caso se tienen aspectos se enlazan al tipo de muestra presentado. En este diseño no hay selección aleatoria, se realizó un pre test, antes de las mejoras y un post test después de las mejoras.

2.2 Variable Operacional

Variable independiente: Lean Six Sigma - DMAIC

Tabla 6: Matriz de Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	INDICADORES	FORMULA	ESCALA
Independiente Lean Six Sigma	Es una metodología está 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.	Busca mejorar el desempeño de los procesos y reducir su variación de tal manera que se genere disminución de los defectos sin dejar de lado la satisfacción del cliente	Definir	Capacidad Efectiva producción	CEP: Capacidad Efectiva de Producción TO: Tiempo de Operación VO: Velocidad Objetivo	$CEP = TO \times VO$	Unidad
			Medir	Promedio de Paradas	P: Promedio de Horas Paradas ΣHP: Suma de Horas Paradas TP: Total de Paradas	$P = \frac{\sum HP}{TP}$	Unidad
			Analizar	Desperdicio (Waste)	D: Desperdicio PD: Producción Defectuosa PT: Producción Total	$D = \frac{PD}{PT} \times 100$	Razón

Fuente: elaboración propia

(Ver página 29)

Variable dependiente: Eficiencia

Tabla 7: Matriz de Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES	FORMULA	ESCALA
Dependiente Eficiencia	Es la relación que existe entre los recursos empleados en un proceso y los resultados obtenidos, con el empleo del menor número posible de recursos o cuando se alcanzan más metas con el mismo número de recursos o menos.	Se mediran los resultados de la producción diaria por medio de los registros de indicadores diarios en software de Eficencia General de los Equipos (OEE) con que cuenta la máquina de Pants adulto.	Rendimiento	R: Rendimiento TU: Total de Unidades Producidas TUPgr: Total de Unidades Programadas	$R = \frac{TUP}{TUPgr} \times 100$	Razón
			Calidad	C: Calidad TUC: Total de Unidades Conformes TU: Total de Unidades Producidas	$C = \frac{TUC}{TUP} \times 100$	Razón
			Disponibilidad	D: Disponibilidad TO: Tiempo de Operación THPgr: Total de Horas Programadas	$D = \frac{TO}{THPgr} \times 100$	Razón

Fuente: diseño del autor

(Ver página 32)

2.3 Población y muestra

Población

Resulta importante que se precise el objeto a estudiar con el fin de identificar la población que va ser objeto de estudio, en su totalidad y que puede estar constituido por elementos como; personas objetos, animales, fenómenos, eventos etc. Que pueden estar constituidos dentro de la investigación (NIÑO, 2011 pág. 55)

Para este caso de estudio de investigación, se consideran los datos cuantitativos registrados de forma manual del software de eficiencia general de equipos (OEE), pertenecientes a la unidad de análisis de estudio siendo la población “todas las unidades de Pants producidas en la máquina M2”, de forma diaria en tres turnos continuos consolidado en 6 semanas en su etapa inicial y 6 semanas después de aplicada la metodología.

Muestra

La porción de un grupo de unidades de una población definida debe ser seleccionada con el objetivo de medir o estudiar las características que definen a dicha población (NIÑO, 2011 pág. 55)

Para el presente estudio, por la naturaleza de su población se asumirá que la muestra sea igual a la población, se consolida un total de doce semanas entre los meses de Abril a Setiembre.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnicas

Es la etapa del desarrollo de la investigación las técnicas usadas para la obtención de datos sobre las variables de análisis (HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2010 pág. 198).

En el desarrollo del trabajo se hará uso de técnicas de Observación en campo, registro de datos estadísticos y el Análisis documental.

Instrumentos

Según Sabino (1998) cuando dice que “un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que pueda valerse el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información” (NIÑO, 2011 pág. 87)

En el tema de investigación se usaron datos registrados de la producción diaria, toda la información fue de utilidad para analizar la propuesta de mejora, así como reportes de bitácora y archivos.

Validez

Para dar sustento a la confiabilidad del contenido de los instrumentos, utilizados en el análisis de datos serán registrados en hoja de cálculo, será revisado según juicio de expertos, conformado por especialistas de procesos, analista de producción y analista de mantenimiento, en las etapas de la metodología que se irán aplicando progresivamente sobre el tema propuesto ante la escuela de ingeniería de la Universidad César Vallejo.

La validez de un instrumento está en función de lo que realmente se pretende medir en una variable (HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2010 pág. 201).

Confiabilidad

La medición de los datos resulta confiable, según la cantidad de veces que estos se repiten para un mismo grupo de muestras dando resultados similares (HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M., 2010 pág. 200).

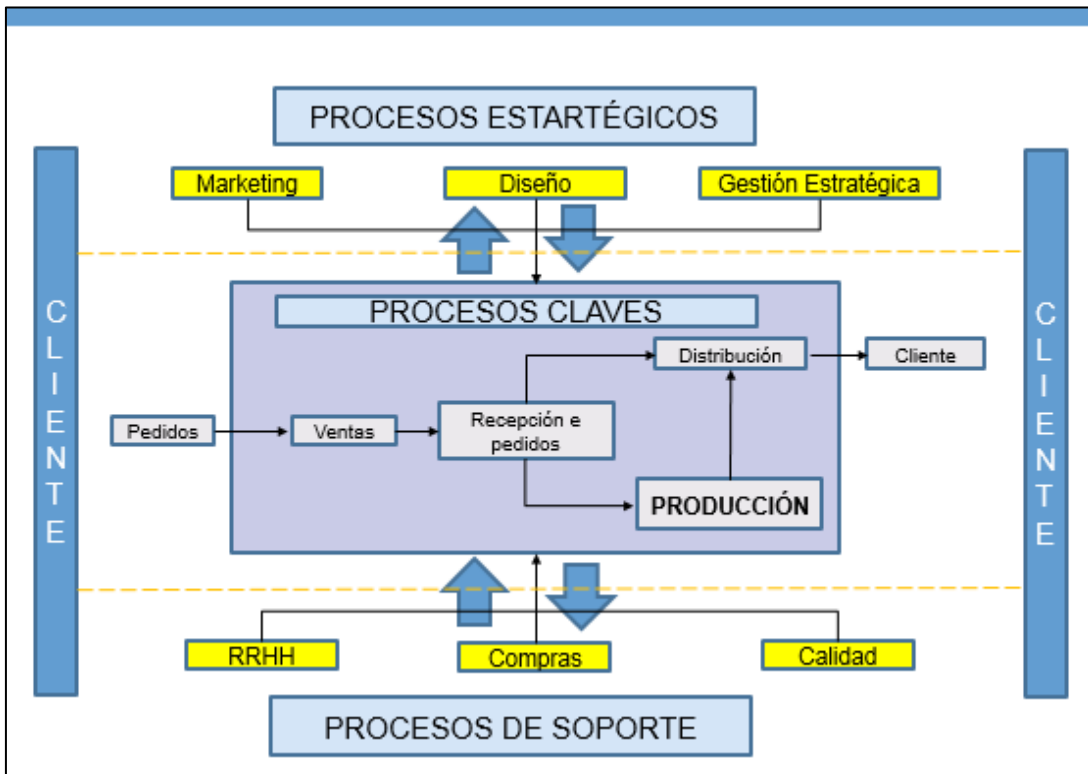
Los resultados se ven registrado minuto a minuto en el software de OEE, con el que cuenta la máquina, son monitoreados diariamente en reunión diaria en la máquina M2.

2.5 Procedimientos

2.5.1 Procesos de la empresa

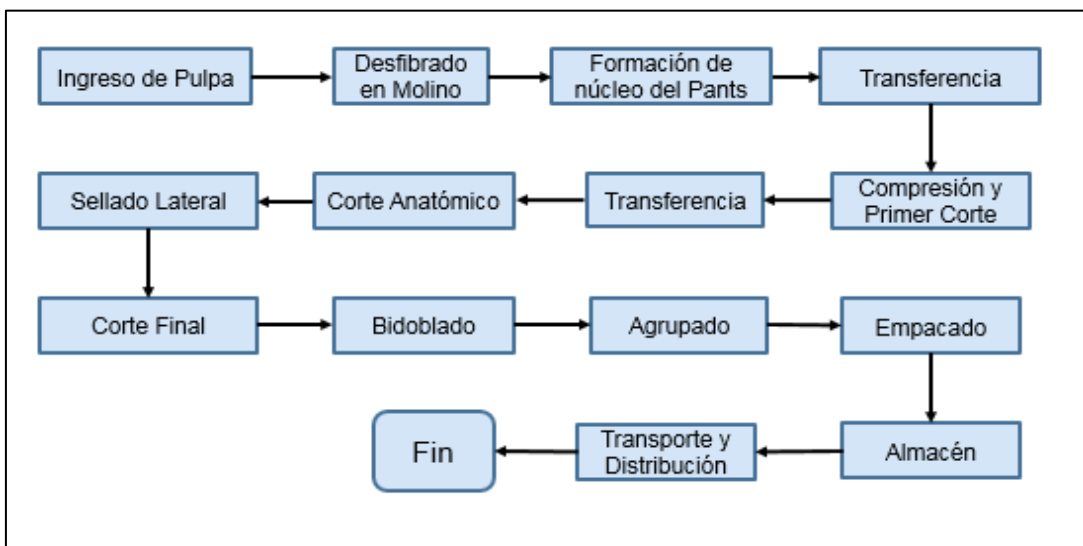
La empresa de manufactura del Pants, es líder en el mercado nacional en la manufactura de productos desechables de higiene y cuidado de las personas, manteniendo altos índices de calidad con el firme propósito de la satisfacción entera de los clientes.

Figura 7. Procesos estratégicos de la empresa



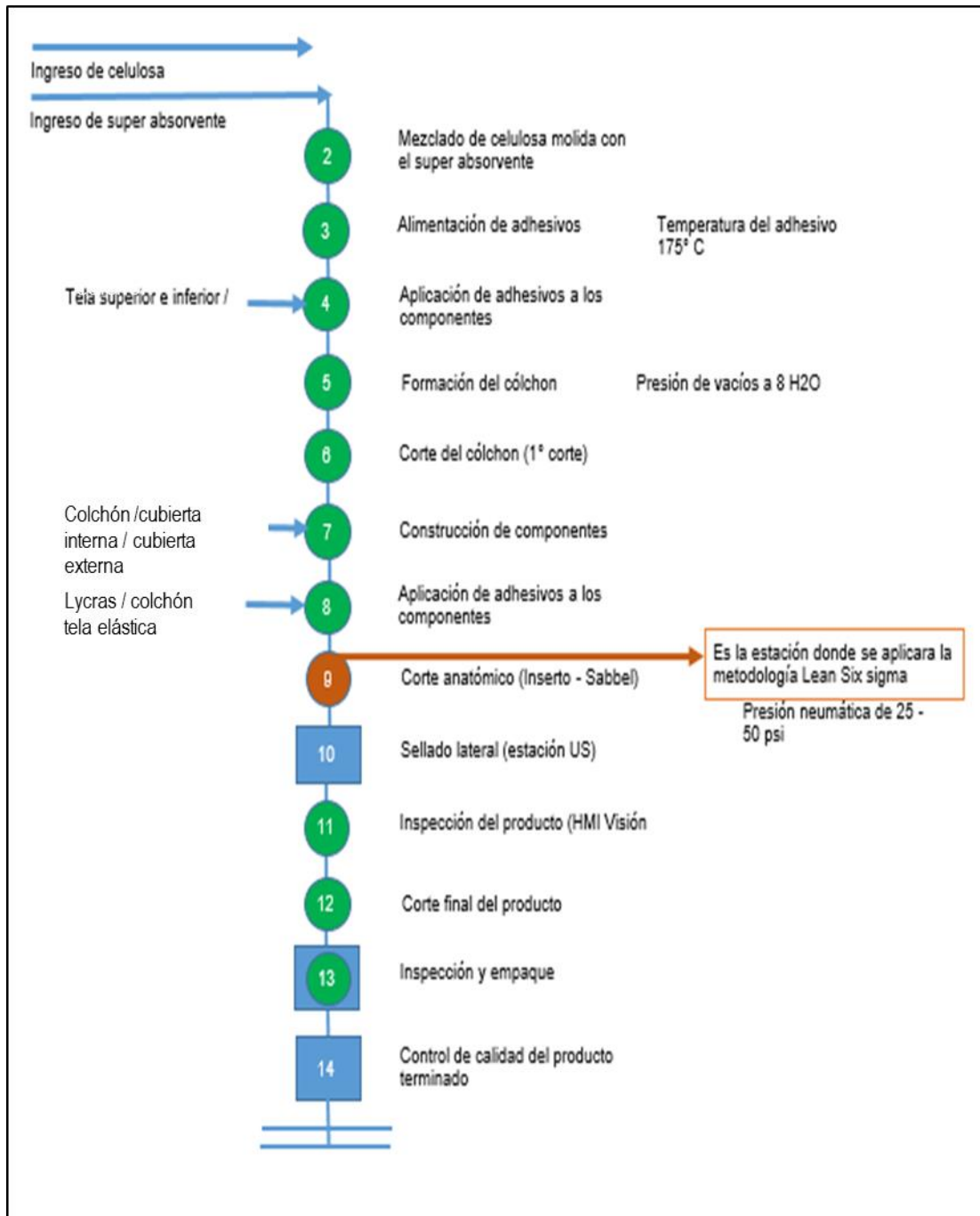
Fuente: elaboración propia

Figura 8. Flujo de procesos de fabricación del Pants



Fuente: elaboración propia

Figura 9. Diagrama de procesos del Pants

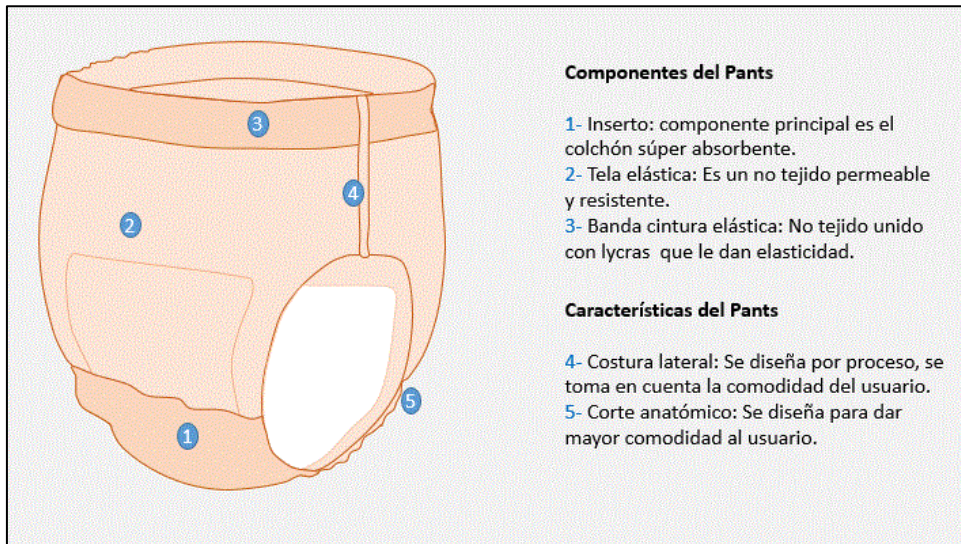


Fuente: diseño del autor

El propósito de aplicar nuestra metodología es la eficiencia en la estación de Corte anatómico de la máquina donde de fábrica el Pants de adulto, con el fin de darle continuidad al proceso, reduciendo las paradas prolongadas para mejorar el rendimiento

y evitar la presencia de recortes en el proceso, para lo cual se medirá todo lo registrado en términos de Rendimiento y la Calidad del producto requeridas.

Figura 10. Producto Pants - componentes y características



Fuente: diseño del autor

Se requiere mejorar el sistema de dosificación actual porque no es capaz de reducir las paradas de máquina y los desperdicios (Waste) durante el proceso, la regulación de dosificación actual es de forma manual según se observa la presencia de recortes, en un tiempo de 30 minutos por recarga de cada uno de los depósitos de alcohol con que cuenta la estación haciendo recargas continuas teniendo como defecto entre recargas la presencia del recorte.

Con todo lo que se plantea realizar aplicando el método DMAIC se propone desarrollar una mejora en el sistema de dosificación sustentándose en los tiempos de parada que el defecto provoca en el proceso por detener la máquina, con la propuesta se pretende mejorar el índice de indicador actual de 54% de OEE para alcanzar el 73% planteado año, para lo cual será importante mejorar la razón porcentual en términos del rendimiento y la calidad, considerando que el proceso es de flujo continuo.

Para identificar las principales causas de las pérdidas tanto en paradas como para el desperdicio total de la máquina se aplicó la metodología de ISHIKAWA que servirá para identificar los principales factores causantes del problema para realizar un diagnóstico para la organización

2.5.2 Implementación de la metodología

2.5.2.1 Implementación de la mejora

Se determinó un tiempo límite para su aplicación definiéndose en tres meses, dividiéndose las actividades en 12 semanas.

Tabla 8. Gantt de actividades semanales para el desarrollo del proyecto

Actividades	Semanas												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Análisis de la situación actual	■												
Formulación del problema		■											
Aplicación de Six Sigma-DMAIC			■										
Etapa definir				■									
Etapa Medir					■								
Etapa Analizar						■							
Etapa implementar							■						
Etapa controlar								■					
Cierre del proyecto y compartir resultados											■		

Fuente: diseño del autor

2.5.3 Marco del trabajo

2.5.3.1 Alcance

El desarrollo de la práctica se desarrolló dentro de las instalaciones de la empresa La empresa Corporación Productos Higiénicos SA, línea de producción de Pants M2.

2.5.3.2 Metodología de aplicación

Tabla 9. Secuencias de la Metodología

Etapa	Pasos	Herramienta empleada
Pre definición	Seleccionar el proyecto	SMART
Definir	Se de definirá lo que requiere el cliente y los procedimientos asociados	SIPOC - Mapa de procesos
	Selección del equipo de trabajo	Selección por jefatura
	Establecer las variables críticas de entrada y salida	CTQ - Críticos para la calidad
	Establecer el marco conceptual del proyecto	Proyect Charter
Medir	Validación de las variables críticas de entrada y salida	Diagrama - flujo de procesos
		Diagrama de causa - efecto
		Matriz factores causa - efecto
		Gráfica de Pareto
	Análisis de riesgo AMEF	
Validación del método de medición	Análisis Kappa	
Registro de los datos iniciales del proceso	Grafica de Barras	
Analizar	Identificación de variables de operación	Pareto de defectos
		Diseño de experimentos
	Análisis estadístico de los datos	Pareto
Mejorar	Optimización del proceso - implementación de mejora	Grafico de efectos principales
		DOE de optimización
Controlar	Elaborar y formalizar los controles necesarios	Formato plan de control

Fuente: diseño del autor

2.5.3.3 Pre-Definición

Selección del Proyecto

La propuesta del proyecto de mejora en la estación de corte nace a raíz de la presencia del defecto de recorte en el producto final en el seguimiento histórico presentado en producto terminado de la máquina de Pants adulto M2. La empresa tiene como prioridad entregar productos de buena calidad para sus clientes, los mismos que son exportados a toda la región. La situación actual exige a la empresa tomar acciones para mejorar la problemática que representa pérdidas por reprocesos y esperas por tener máquina parada.

En el proceso de calificación del proyecto se aplicó lineamientos tipo SMART (Específico, Medurable, Alcanzable, Relevante y Tiempo limitado) para validar el objetivo propuesto por lo que se describe:

- Debe ser específico: ¿el proyecto está enfocado a un problema real de nuestro negocio?, Si se identifica que el problema pone en riesgo el desempeño o atributo visual de la calidad del producto para un mercado en crecimiento.
- Debe ser medible: ¿es posible dimensionar el problema, se puede definir una línea base, se pueden fijar metas para la mejora?, Es posible dimensionar según la tasa de defectos por la cantidad de lotes bloqueados por turno, diario y mensual. El desperdicio será medido con variables de tipo pasa o no pasa, al ser un atributo visual.
- Debe ser alcanzable: ¿el objetivo es alcanzable? El logro de los objetivos planteados cuenta con el apoyo de alta directiva para generar los recursos necesarios para su desarrollo.
- Debe estar relacionado: ¿el proyecto está relacionado con las estrategias del negocio? Si el proyecto está alineado con la estrategia de la organización.
- Debe tener un límite de tiempo: ¿el proyecto tiene fecha límite de tiempo para su realización? Si el proyecto Lean Six Sigma se programa en un periodo de 3 a 6 meses según su alcance puede variar, para nuestro caso se plantea desarrollarlo en un periodo de 3 meses.

Necesidad del cliente (VOC)

El departamento de calidad reporta diariamente y en cada turno, la presencia del defecto con frecuencia, se busca necesariamente darle un sustento estadístico para entender la presencia del defecto en cantidad y frecuencia.

Se establece como cliente interno al departamento de calidad quien se encarga del aseguramiento de buena calidad del producto, siendo el área con más interés en las mejoras propuestas que se aseguren la calidad del producto, por lo que se considera la voz del cliente interno en la empresa. La importancia de que no se presentan reclamos por el defecto encontrado en el cliente final, los reprocesos y bloqueo de lotes reducen provocan detener el proceso incrementando las paradas y por consiguiente la pérdida de eficiencia de la máquina.

Estimación de los costos por baja calidad (COPQ)

Los COPQ (Cost of Poor Quality), está conformado por las pérdidas en términos monetarios que se dan en todas las empresas por no obtener productos de calidad a la primera. Es decir, son costos de no obtener productos de buena calidad. Los tipos de costos pueden variar según el producto, en el presente caso se consideran como costos por defectos internos a los productos observados antes de su entrega al cliente por las averías del proceso, por otro lado, el costo de inspección es todo lo que involucra inspeccionar y reprocesar el producto.

Para tener un cálculo cercano, se considera el promedio mensual de defectos que presenta la línea M2, aproximado del 3% del producto retenido o bloqueado a la espera de ser inspeccionado. En tabla 9, se observa la estimación aproximada de los costos a estimar por baja calidad.

Costo por baja calidad

Tabla 10. Costo por baja calidad

Datos financieros iniciales - Máquina A2			
Costo X Pañal		S/ 1.50	
Producción estándar por mes		63,207	

Parametro	Tipo de Costo	Resultado actual	COPQ actual (mes)
Por Defectos	Falla interna	3%	S/. 114,495.00
Inspectores (2)	Inspección		S/. 3,000.00
Reprocesos (2)	Inspección		S/. 1,800.00
TOTAL COPQ x MES			S/. 119,295.00
TOTAL COPQ x AÑO			S/. 1,431,540.00

Fuente: diseño del autor

Mapa de procesos SIPOC

Para poder desarrollar paso a paso la metodología es importante tener claro cómo se desarrolla el flujo del proceso entre proveedores y clientes, entradas y salidas. Por tal motivo se aplicará la herramienta conocida por sus siglas como SIPOC (Proveedor, Entradas, Proceso, Salidas, Cliente); es considerado un cuadro de mapeo de alto nivel que permite observar claramente el flujo del proceso.

La importancia de tener claro que el proceso de elaboración del Pants es un proceso continuo y automatizado. Lo que no impide que pueda ser sujeto de estudio ya que es un conjunto estaciones de un solo arranque o parada con múltiples variables de proceso donde se pueden originar los defectos.

Tabla 11. Análisis de entradas y salidas del proceso de elaboración del Pants

S Proveedor	I Entrada	P Procesos	O Salida	C Cliente
Almacén de materia prima (habilita)	Sam	Mezcla de Celulosa con Sam	Colchon (pulpa)	Aseguramiento de Calidad del producto absorbente
	Celulosa	Aplicación de adhesivos al Inserto		
	Poly (BSTL)	Aplicación de adhesivos a componentes	Inserto (absorbente)	
	Tela	Formación del colchón		
	Surge	Construcción de componentes		
	Lycras	Aplicación de adhesivos a componentes	Chasis (estructura)	
	Adhesivos	Corte anatómico		
	Liner	Sellado lateral	Pants	
	Waistband	Corte final de producto		
	No tejido elástico	Doblado componente	Encajonado	
	Pants	Empacar		
		Sellar		
Sellar				

Fuente: diseño del autor

2.5.4 Desarrollo de la metodología DMAIC

Las fases de la metodología se plantearon en función de la problemática. Dentro de la cual se detallará desde el inicio del proyecto (fase Definir).

2.5.4.1 Definir

En esta etapa se define al equipo de trabajo y su alcance, debe quedar claro el problema que está generando las características críticas de calidad del Pants fabricado en la máquina M2.

Se considera el principal paso dentro del desarrollo del método, de su correcta aplicación dependerá que el proyecto sea exitoso o un fracaso.

Formación del equipo de trabajo

La jefatura en coordinación con la alta dirección ordeno que se forme un equipo de trabajo multidisciplinario para atender el proyecto:

Tabla 12. Designación de equipo de trabajo

Cargo	Rol en el Proyecto
Coordinador de produccion	Team Coach
Especialista de produccion	Experto operación- Miembro equipo
Supervisor de produccion	Dueño de Proceso- Miembro equipo
Analista de produccion	Dueño de Proceso- Miembro equipo
Analista de mantenimiento mecánico	Experto maquinaria-Miembro equipo
Analista de mantenimiento electrónico	Experto maquinaria-Miembro equipo
Programador de mantenimiento	Experto maquinaria-Miembro equipo
Ingeniero de proyectos	Líder del Equipo-BlackBelt
Coordinador mejora continua	Líder del Equipo-BlackBelt
Supervisor de calidad	Cliente- Miembro equipo
Operador Lider	Dueño de Proceso- Miembro equipo

Fuente: diseño del autor

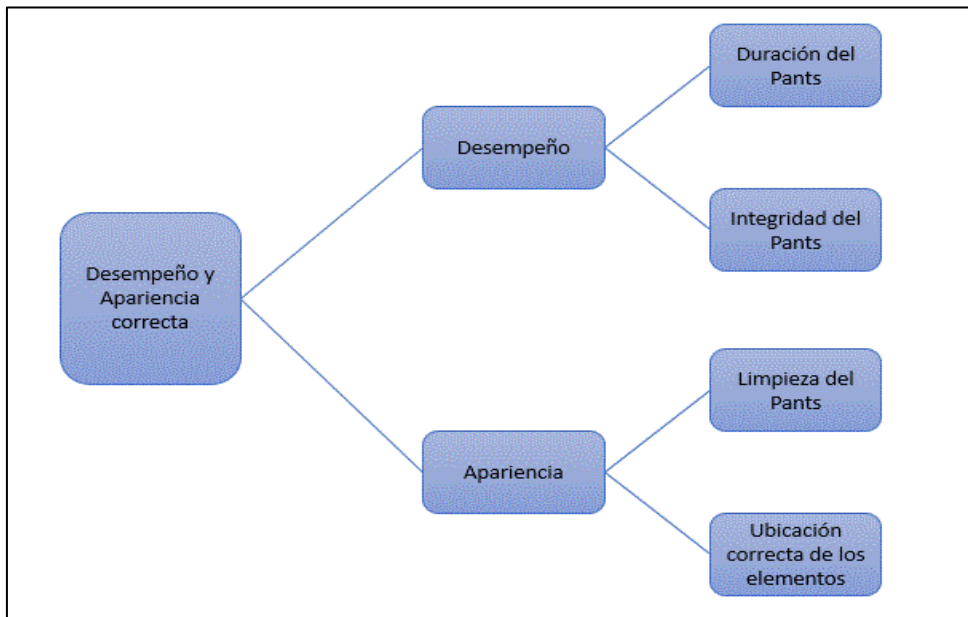
Características críticas para la calidad CTQ

El paso fundamental en esta etapa es definir, lo que se entiende por crítico para la calidad de un producto ver la factibilidad de que se pueden identificar con que variables se relacionan sean de entrada o de salida del proceso.

Lo importante de comprender es que no se trata de parámetros de operación, son características importantes para la calidad del producto y es claro mantener el control sobre las variables que lo controlan y este documentado.

En la problemática de la investigación, el Pants mantiene atributos con respecto a su desempeño como el núcleo absorbente (colchón), que es medido en parámetros de cuanto absorbe o retiene líquidos, otro atributo es que debe estar libre de todo elemento constructivo y que ambos dan un visión general delo que busca el cliente en el producto.

Figura 11. Árbol de características para la calidad



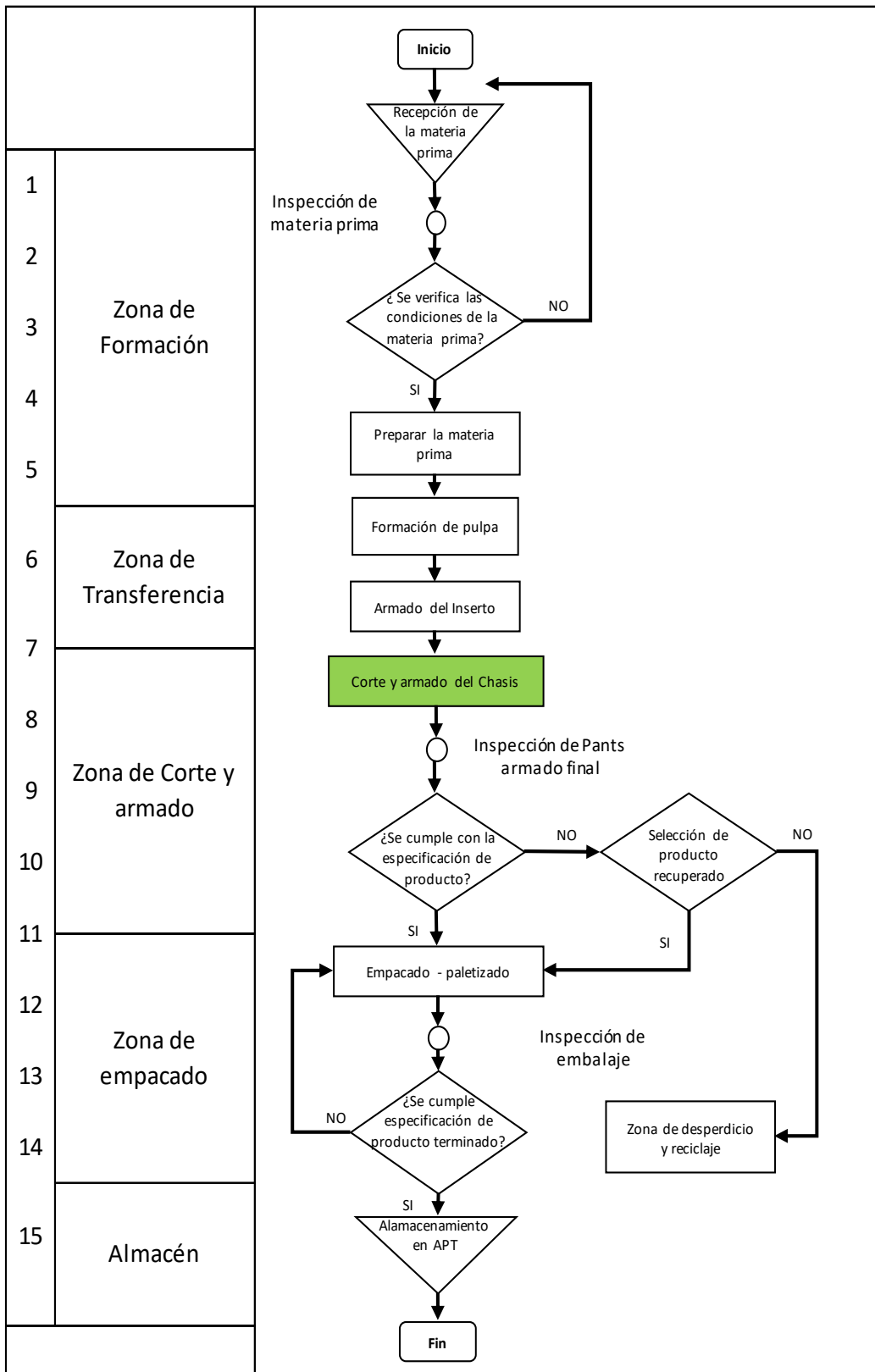
Fuente: diseño del autor

El defecto de calidad en el producto final (recorte), se produce dentro del proceso de corte anatómico, según el árbol de características críticas ubica el defecto dentro de lo que es importante para el cliente en la apariencia que puede ser detectado de forma visual. Este defecto está provocando que se detenga la producción, traducándose en una pérdida de eficiencia de 2.7% promedio.

En flujograma de la figura 11 muestra el proceso de elaboración del Pants, en tabla 13, se detalla las zonas en las que está dividida la máquina, se ubica la zona y el proceso de corte y armado del chasis, conformado por la estación de corte anatómico y la estación STPP, proceso donde se ha identificado la oportunidad de mejora, el proceso es continuo durante las 24horas.

Como se puede observar en la figura #11, se representa el proceso de fabricación del Pants adulto. En tabla # 13, se detalla las actividades que se desarrollan en cada etapa.

Figura 12. Flujoograma del proceso de elaboración del Pants



Fuente: diseño del autor

Tabla 13. Procedimiento de las actividades en la fabricación del Pants adulto

ITEM	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1	Recepción de la materia prima	Las materia primas son habilitadas en zonas de estaciones en piso de máquina, bobinas de celulosa, sacas de súper absorbente, cajas de adhesivo y telas no tejidos.	Operador-z
2	Inspección de las materias primas	La inspección de los lotes de materia prima es visual en cada estación de trabajo, para determinar si el lote esta sin daños en su embalaje. De encontrarse daños en el lote, se comunicara al inspector de calidad.	Operadores
3	¿Se verificar las condiciones de la materia prima?	En esta etapa se determinara si el lote cumple con los requisitos de aseguramiento de calidad; tonalidad, uniformidad, textura. Si cumple el lote será cargado en las estaciones. Si no está conforme el lote será devuelto al almacén.	Inspector de calidad
4	Preparar la materia prima	Se habilitan los lotes; se cargan las bobinas de; Celulosa, sacas de Sam (súper absorbente) y se preparan los empalmes de la estación.	Operadores
5	Formación de pulpa	En este proceso se mezcla la celulosa con el súper absorbente, para formar la pulpa o colchón en la rueda de formación, de ahí es envuelto entre dos telas no tejidas de forma continua y transportada por bandas elásticas hasta la zona de transferencia.	Operador-z
6	Armado de Inserto	En este proceso el colchón es envuelto entre dos telas no tejidas; cubierta interna que es la que va en contacto con la parte íntima del usuario y la cubierta externa que es impermeable, formando una banda continúa formando el Inserto. La unión de componentes es por aplicación de adhesivos.	Operador-z
7	Corte y armado de Chasis	En este proceso se unen la; Tela con los elásticos de cintura y tela elástica formando el Chasis. Seguido el Inserto es cortado en STPP y pegado en el Chasis, donde se le realizara el corte de forma anatómica por medio de una cuchilla cilíndrica (Estación de corte anatómico). El Pants en esta etapa aun es una banda continua.	Operador-z
8	Inspección de Pants final	En este proceso el Pants en banda llega a la estación de sellado lateral US, donde se dan las costuras laterales, llega a la estación de Corte final donde periódicamente el producto ya terminado es inspeccionado.	OC
9	¿Se cumple con la especificación de producto?	Esta tarea la realiza por un lado el Operador de control productivo con una frecuencia de 2 horas y con una frecuencia de 4 horas el Inspector de calidad. Si el producto cumple con las especificaciones pasa a la zona de empacado. Si el producto no cumple las especificaciones pasa a reproceso (selección de producto).	OC- Inspector
10	Selección de producto recuperado	En esta sección se inspeccionara el producto cada unidad para verificar que cumple con las especificaciones de producto. Si el producto cumple será recuperado de forma manual. Si no cumple será enviado a la zona de desperdicio.	OC - Envasador
11	Empacado paletizado	El producto conforme de forma continua es sellado y empacado según conteo, aquí también se da trazabilidad al producto para luego ser apilado en paleta previamente habilitada en formato de 30 y 45 cajas. Finalmente es embalado y rotulado.	Envasador
12	Inspección de embalaje	Una vez embalado y rotulado será inspeccionado de forma periódica cada 4 horas por el inspector de turno para verificar que el producto cumpla con asegurar la estabilidad del lote y que esté protegido ante posible contaminación cruzada.	Inspector
13	¿Se cumple con la especificación de producto terminado?	Si el paletizado es conforme será transportado hacia el almacén. De no cumplir con los requisitos de aseguramiento de calidad, retornara a la zona de paletizado para las correcciones de las observaciones.	Envasador
14	Zona de desperdicio y reciclaje	En esta zona se recepciona el producto Pants que no cumpla con las especificaciones de producto final, para ser reciclado en pacas para ser reciclados.	Envasador
15	Almacenamiento en APT	El área de almacén los lotes paletizados según el turno, día y fecha en que se elaboró el producto, para luego realizar el despacho a zona de distribución.	Almacén Producto Terminado

Fuente: diseño del autor

Carta de Proyecto

Es el documento de mucha importancia, en él se detalla el marco del proyecto y su alcance es el documento formal de compromiso de todos los líderes en la proporción de responsabilidades asignadas.

Tabla 14. Project Charter

Caso de Negocio:				Oportunidad:		
Durante los meses de Abril a Junio el promedio de horas de parada por día en la máquina M2 es de 5.1 hrs. La eficiencia en la máquina M2 es de 54.3 % OEE debido a los tiempos prolongados de paradas.				Consolidar el compromiso de todo el personal de máquina y personal de soporte para el logro de los resultados.		
Objetivo:				Alcance del Proyecto:		
Reducir el tiempo promedio en horas de paradas a menos de 3 horas promedio por día e incrementar la eficiencia de máquina en un 73% de OEE.				Inicio del proceso: Molienda		
				Fin del proceso: Empacado		
Ahorros/Beneficios Esperados: Evitar la compra de dispositivos nuevos.				Alcance: Máquina de producción M2		
				Fuera del Alcance: Materia prima y almacenamiento		
Plan del Proyecto:				Equipo:		
Tarea/Fase	Fecha Inicio	Fecha Fin	Finalizado	Nombre:	Rol:	Compromiso (%):
Definir	02/04/2019	13/04/2019		Benites	Jefe de Producción	5%
Medir	13/04/2019	20/04/2019		García	Coordinador de Proceso	15%
Analizar	20/04/2019	28/04/2019		Montes	Inspector de calidad	10%
Mejorar	03/06/2019	28/06/2019		Juárez	Analista de Producción	20%
Controlar	03/07/2019	26/07/2019		Medina	Analista Mantenimiento	30%
				Celis	Operador	20%

Fuente: diseño del autor

2.5.4.2 Medir

Como segundo paso de la metodología, se definió en qué estado se encuentra el proceso actual, para tener la información vital que contribuya a identificar qué factores están impactando en los resultados como causas raíz del problema.

Se consideró dentro del estudio realizado, el registro de variables idóneo para la realización del proyecto. Entre el registro de datos se encuentran los tiempos de parada de máquina y la cantidad de defectos, la capacidad efectiva de la máquina entre otros.

Se registrarán los datos obtenidos en cada turno en hoja de Excel, para obtener los indicadores de producción en términos de eficiencia OEE.

El porcentaje determinado por el OEE permite ubicar en una clasificación a las máquinas, líneas de producción o a toda una planta dentro de las categorías de mejor en su clase y alcanzar el nivel de excelencia.

- Inaceptable: $OEE < 65\%$. El proceso tiene muy baja competitividad. Existen pérdidas económicas de importancia
- Regular: $65\% < OEE < 75\%$. El proceso tiene baja competitividad. Aceptable solo si el proceso está en mejora
- Aceptable: $75\% < OEE < 85\%$. La competitividad del proceso es ligeramente baja. Continuar con la mejora para superar el 85%
- Buena: $85\% < OEE < 95\%$. La competitividad del proceso es buena. Entra en valores World Class.
- Excelencia: $OEE > 95\%$. La competitividad es excelente. Valores World Class.

Se considera al OEE hoy en día para ser utilizado para optimizar procesos industriales, se relaciona directamente con todos los costos de operación, indica donde se encuentran las mayores pérdidas sirva como herramienta de análisis para la toma de decisiones financieras sobre el rendimiento de los procesos, permite sustentar cualquier inversión. Contribuye en las proyecciones anuales en la mejora de los indicadores que permitan estimar necesidades.

Disponibilidad

$$R = \frac{TUP}{TUPgr} \times 100$$

R: Rendimiento

TU: Total de Unidades Producidas

TUPgr: Total de Unidades Programadas

En términos generales es lo que se denominan Paradas Planificadas.

Rendimiento

$$R = \frac{TUP}{TUPgr} \times 100$$

R: Rendimiento

TU: Total de Unidades Producidas

TUPgr: Total de Unidades Programadas

El Rendimiento se considera entre 0 y 1 por lo que suele expresarse porcentualmente.

Calidad

$$C = \frac{TUC}{TUP} \times 100$$

C: Calidad

TUC: Total de Unidades Conformes

TU: Total de Unidades Producidas

Los resultados de las unidades producidas podrían ser conformes, consideradas buenas; o no conformes malas desechables o rechazos en reproceso.

La Calidad se considera entre 0 y 1 por lo que suele expresarse porcentualmente.

Las 6 grandes pérdidas que considera el OEE:

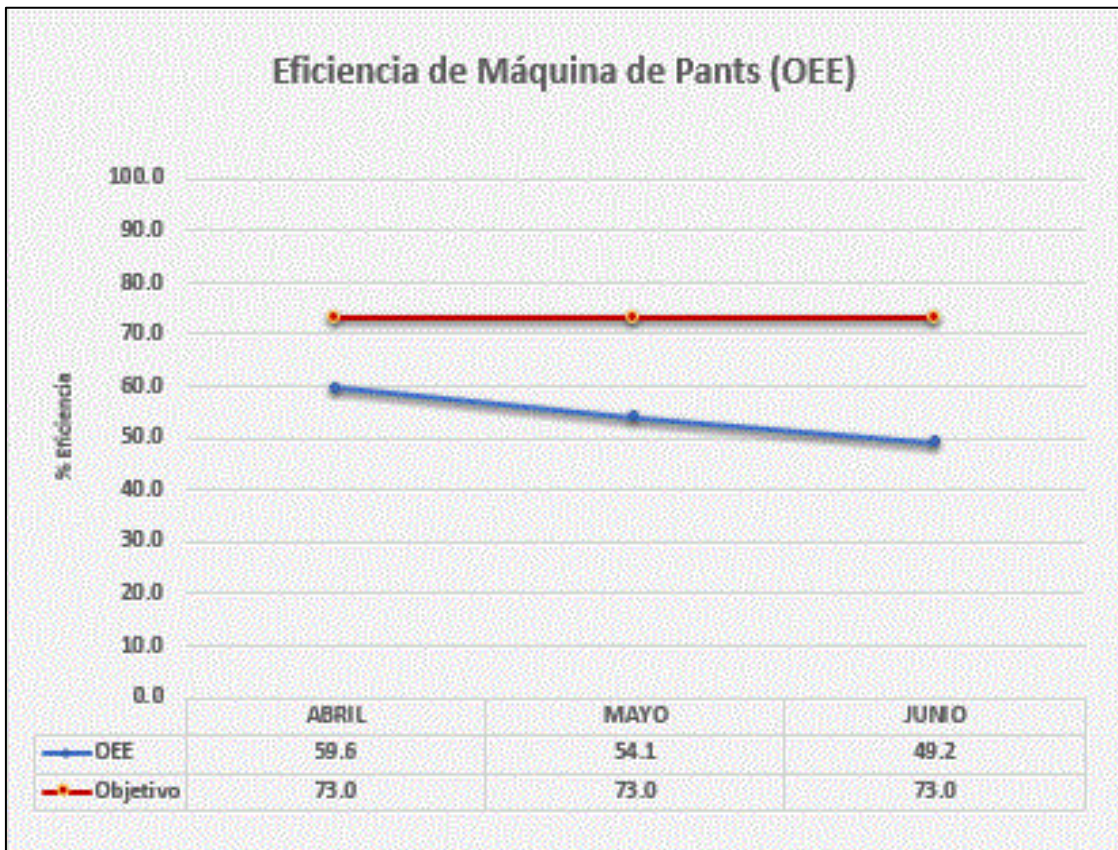
1. Paradas/Averías.
2. Configuración y Ajustes.
3. Pequeñas Paradas.
4. Reducción de velocidad.
5. Rechazos por Puesta en Marcha.
6. Rechazos de Producción.

Paradas/Averías y Ajustes, impactan directamente en la **Disponibilidad**, considera Pequeñas Paradas y Reducción de velocidad como impacto en el **Rendimiento**.

En tanto Rechazos por puesta en marcha y Rechazos de producción tienen su impacto en la **Calidad**.

El proyecto de mejora contempla mejorar el dispositivo de dosificación de alcohol para reducir los tiempos de parada por presencia de recortes y que afectan al Rendimiento de la máquina, el desperdicio generado en producto rechazado afecta la razón de **Calidad**.

Figura 13. Eficiencia de máquina de Pants



Fuente: diseño del autor

En la figura # 13 se muestra la eficiencia de la máquina en los meses de Abril, Mayo y Junio. Donde se puede apreciar que el indicador está muy por debajo del esperado. El objetivo está definido en 73% de OEE año. Existen diversos problemas que están restándole eficiencia a la máquina por lo que se hace el análisis para determinar cuál es de mayor impacto relacionado al defecto.

Tabla 13: Base de datos de la máquina de Pants M2.

Fecha	Turno	Capacidad de Diseño	Capacidad Efectiva	Producción Real (cortes buenos)	Horas Programadas	Horas de Parada	N° de Productos Desperdiciados	Velocidad Objetivo
09/04/2018	1	26400	15730	5760	2	0.8	9970	220
09/04/2018	2	39600	24312	20160	3	1.2	4152	220
09/04/2018	3	105600	48642	28800	8	4.3	19842	220
10/04/2018	1	105600	65968	63360	8	3.0	2608	220
10/04/2018	2	105600	77497	74880	8	2.1	2617	220
10/04/2018	3	105600	85379	80640	8	1.5	4739	220
11/04/2018	1	105600	68841	66240	8	2.8	2601	220
11/04/2018	2	105600	94868	89280	8	0.8	5588	220
11/04/2018	3	105600	95519	95040	8	0.8	479	220
12/04/2018	1	105600	81644	74880	8	1.8	6764	220
12/04/2018	2	52800	45733	51840	4	0.5	-6107	220
18/04/2018	1	26400	18766	9360	2	0.6	9406	220
18/04/2018	2	105600	76689	72540	8	2.2	4149	220
18/04/2018	3	105600	76513	74880	8	2.2	1633	220
19/04/2018	1	105600	56657	53100	8	3.7	3557	220
19/04/2018	2	105600	76817	74880	8	2.2	1937	220
19/04/2018	3	105600	87404	86400	8	1.4	1004	220
20/04/2018	1	105600	93797	89280	8	0.9	4517	220
20/04/2018	2	105600	71928	69120	8	2.6	2808	220
20/04/2018	3	105600	83533	85152	8	1.7	-1619	220
21/04/2018	1	105600	80185	74880	8	1.9	5305	220
21/04/2018	2	105600	91130	89280	8	1.1	1850	220
21/04/2018	3	105600	83492	84960	8	1.7	-1468	220
22/04/2018	1	79200	64392	54720	6	1.1	9672	220
22/04/2018	2	105600	77346	74880	8	2.1	2466	220
22/04/2018	3	105600	87308	86400	8	1.4	908	220
23/04/2018	1	105600	87391	80640	8	1.4	6751	220
23/04/2018	2	79200	61323	57600	6	1.4	3723	220
23/04/2018	3	26400	14707	20160	2	0.9	-5453	220
24/04/2018	1	92400	82551	77760	7	0.7	4791	220
24/04/2018	2	105600	56425	54720	8	3.7	1705	220
24/04/2018	3	105600	90132	89280	8	1.2	852	220
25/04/2018	1	66000	55943	91360	5	0.8	-35417	220
15/05/2018	2	13200	6959	5760	1	0.5	1199	220
15/05/2018	3	13200	5486	2880	1	0.6	2606	220
16/05/2018	1	39600	36997	23040	3	0.2	13957	220
16/05/2018	2	105600	67458	60480	8	2.9	6978	220
16/05/2018	3	105600	67623	66240	8	2.9	1383	220
17/05/2018	1	105600	30419	20160	8	5.7	10259	220
17/05/2018	2	105600	64270	63360	8	3.1	910	220
17/05/2018	3	52800	39606	36960	4	1.0	2646	220
18/05/2018	1	79200	45122	25920	6	2.6	19202	220
18/05/2018	2	105600	62540	60480	8	3.3	2060	220
18/05/2018	3	52800	41316	45540	4	0.9	-4224	220
19/05/2018	1	79200	63423	60480	6	1.2	2943	220

Fuente: diseño del autor

De la tabla #13 se elabora el gráfico de control teniendo la cantidad de horas paradas como análisis inicial del proceso por la pérdida de eficiencia, donde se aprecia que el proceso está fuera de control. (Ver anexo #9)

2.5.4.3 Analizar

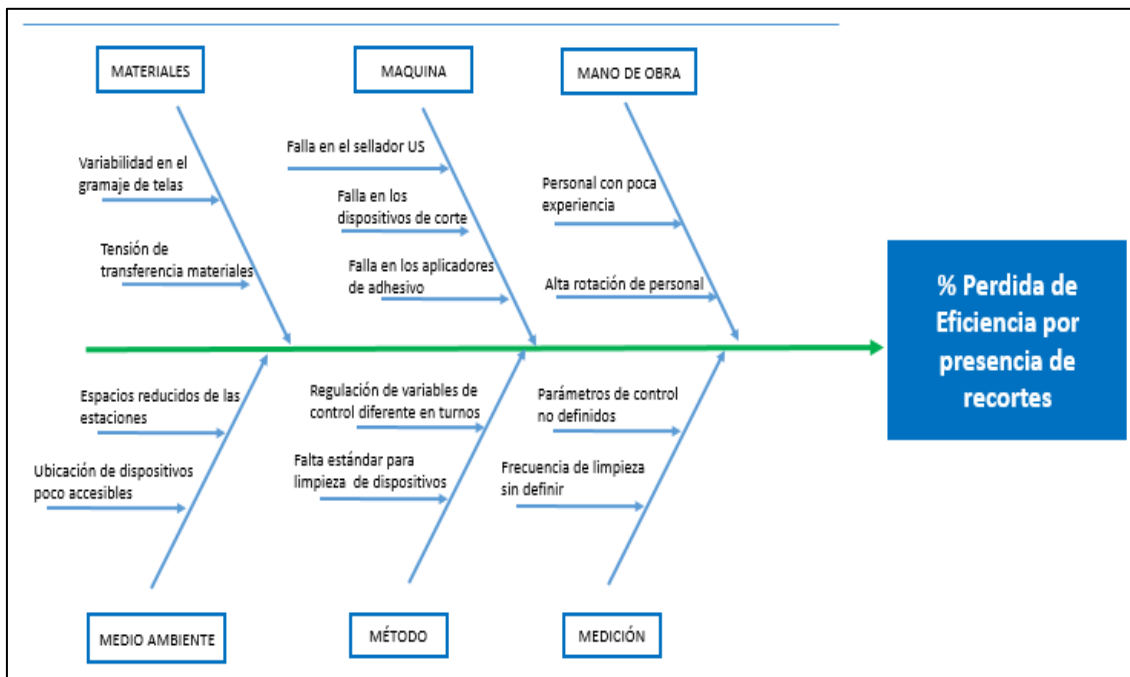
En el análisis de la base de datos se han generado gráficos que sirven de ayuda para los cálculos y métricas para la mejora de los indicadores, se aplicaron herramientas de ingeniería para la estimación del rendimiento, capacidad, eficiencia, utilización, etc., todo lo desarrollado sirvió para cuantificar en qué grado de criticidad se encuentra el proceso, dando un enfoque de la problemática y plantear la mejora propuesta.

Análisis de las posibles causas de los defectos

Según se describe en la etapa definir el defecto encontrado como atributo de calidad está provocando que se para la máquina de Pants. Por lo que se aplicara el método de análisis de causa efecto para medir y enfocar las mejoras del proyecto.

En este paso se desarrolla el diagrama de Ishikawa (espina de pescado) para determinar donde se encuentra la causa raíz del problema de calidad en el producto.

Figura 14. Diagrama Ishikawa



Fuente: diseño del autor

Se elabora un cuadro de frecuencia que ayude a identificar el mayor grado de incidencia con causas vitales y triviales, se identifica el mayor potencial de pérdidas en causa C-5 Falta en los dispositivos de corte. (Tabla 3).

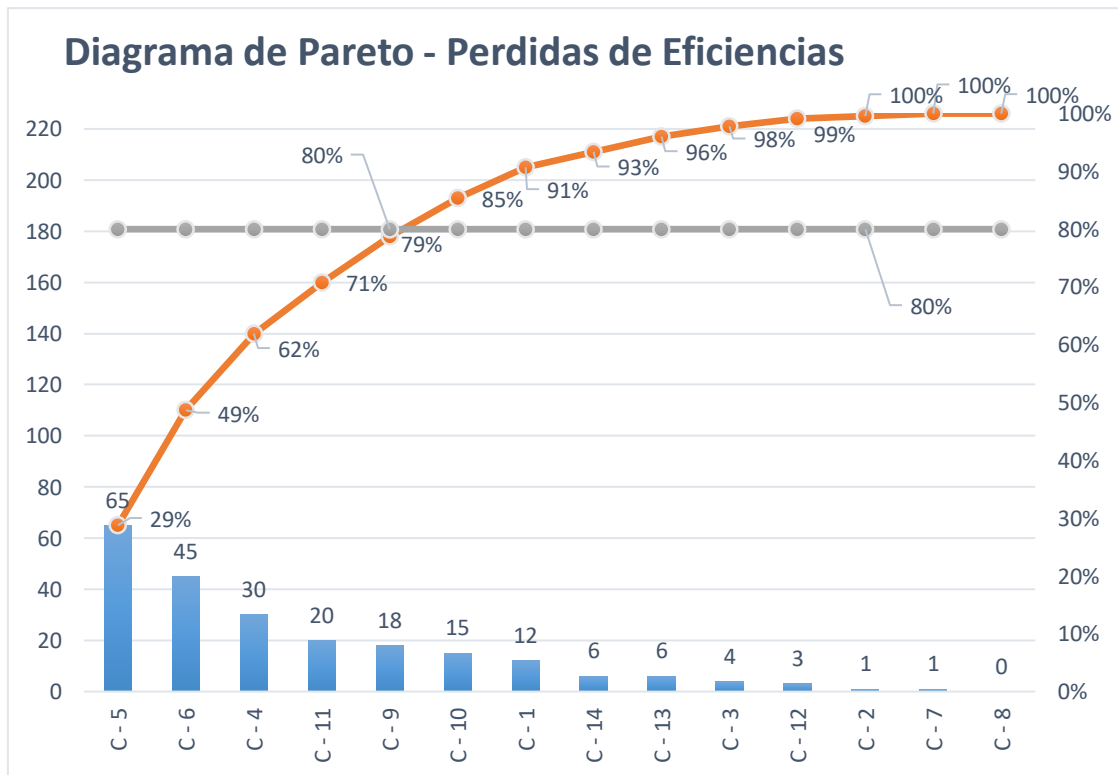
Tabla 15. Análisis de causas de tiempos de parada máquina de Pants

N°	Causas	Paradas tiempo (min)	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	80 -20
C - 5	Fallas en los dispositivos de Corte	65	65	29%	29%	80%
C - 6	Falla en los aplicadores de adhesivo	45	110	20%	49%	80%
C - 4	Falla en el sellador US	30	140	13%	62%	80%
C - 11	Regulación de variables de control	20	160	9%	71%	80%
C - 9	Parametros de Control no definidos	18	178	8%	79%	80%
C - 10	Frecuencia de limpieza sin definir	15	193	7%	85%	80%
C - 1	Personal con poca experiencia	12	205	5%	91%	80%
C - 14	Ubicación de dispositivos poco accesibles	6	211	3%	93%	80%
C - 13	Espacios reducidos de las estaciones	6	217	3%	96%	80%
C - 3	Alta rotación de personal	4	221	2%	98%	80%
C - 12	Falta de estándar para la limpieza de dispositivos	3	224	1%	99%	80%
C - 2	Falta de capacitación en cuidado autónomo	1	225	0%	100%	80%
C - 7	Variabilidad en el gramaje de telas	1	226	0%	100%	80%
C - 8	Tensión de transferencias materiales	0	226	0%	100%	80%

Fuente: diseño del autor

Se elabora un diagrama de Pareto para el enfoque.

Figura 15. Diagrama de Pareto - Perdidas de eficiencias



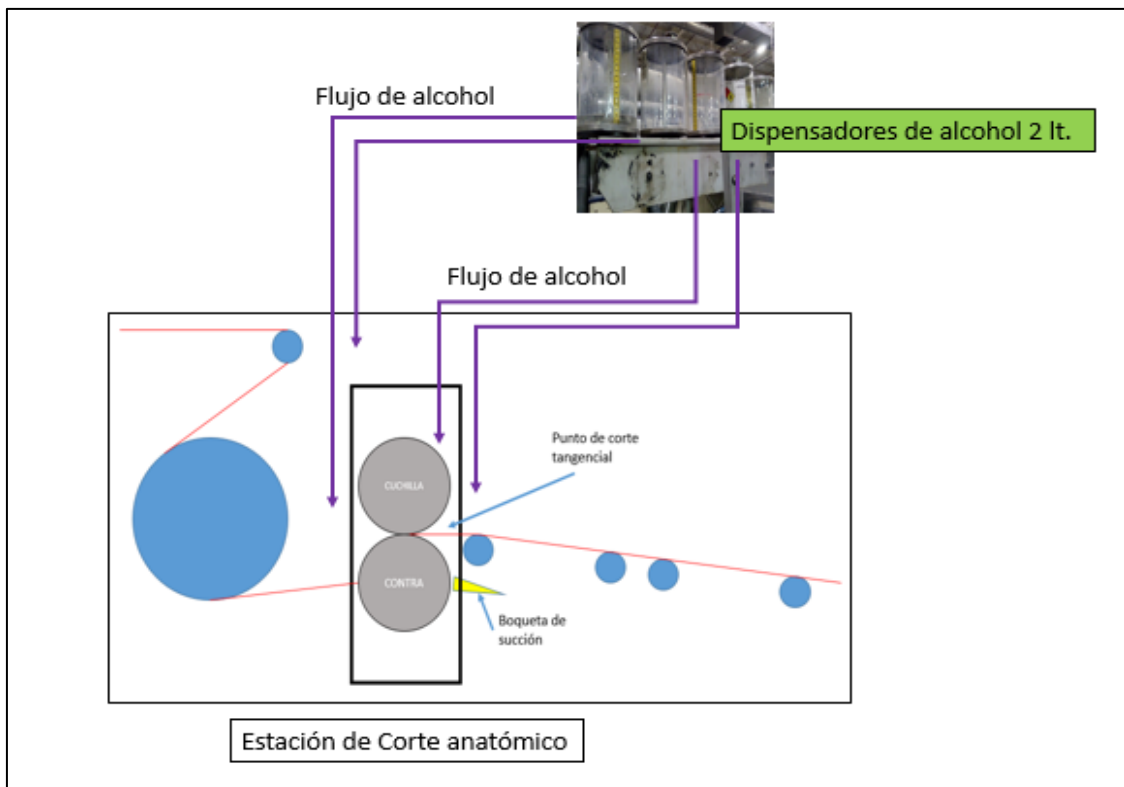
Fuente: diseño del autor

2.5.4.4 Mejorar

La propuesta recomendada para mejorar la eficiencia de la máquina, resulta de mejorar su sistema de lubricación y limpieza de la estación de corte anatómico, de esta forma se reducirán los tiempos de parada, reducir los desperdicios por tener producto bloqueado, eliminar el defecto y eliminar algunas prácticas operativas innecesarias.

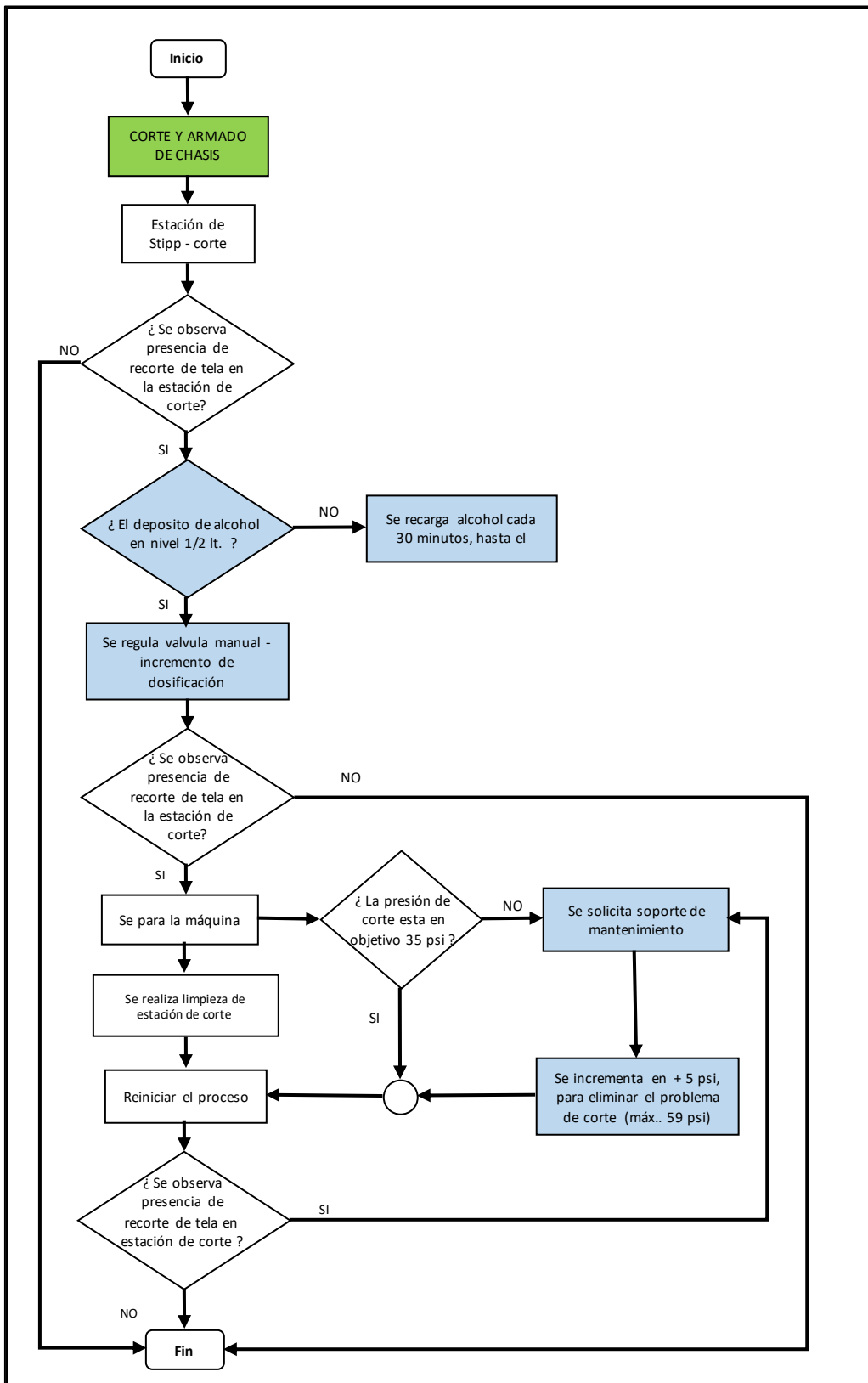
El proyecto plantea diseñar un sistema automático de dosificación de alcohol, el cual limpiara con alcohol la pista de la estación de corte anatómico de manera sistemática, haciendo más eficiente el corte y eliminando el recorte.

Figura 16: Sistema de dosificación antes de lubricación Estación de corte anatómico.



Fuente: diseño del autor

Figura 17. Flujoograma del proceso de Corte y Armado del Chasis, antes de la mejora



Fuente: diseño del autor

Tabla 16. Actividades en la zona de Corte y armado de Chasis antes de la mejora

ITEM	ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
1	Zona de corte y armado de Chasis	En este proceso se unen la; Tela con los elásticos de cintura y tela elástica formando el Chasis. Seguido el Inserto es cortado en STPP y pegado en el Chasis, donde se le realizara el corte de forma anatómica por medio de una cuchilla cilíndrica (Estación de corte anatómico).	Operador
2	Estación de corte anatómico	Estación donde se realiza el corte de forma anatómica al Chasis que contiene el colchón, por medio de una cuchilla cilíndrica en contacto con la contra que es un rodillo de contacto. La fijación del Chasis es por medio de vacío para evitar que se mueva durante el corte.	Operador
3	¿Se observa presencia de recorte de tela del chasis Sistema Visión?	De observar en la cámara visión que tiene la estación, la presencia de recortes que se van adheridos al colchón, sin poder desprenderse y llegando al empaçado final se detendrá la máquina.	Operador / OC
4	Se para la máquina	La máquina se para luego de presentarse el recorte máximo en 2 minutos. Y se procede a realizar la limpieza de la estación.	Operador / OC
5	Se realiza limpieza de estación de Corte	Se procede a realizar la limpieza de pistas de los rodillos de corte (cuchilla y contra), se utiliza aire presurizado, se limpia con alcohol las felpas y se carga alcohol en los recipientes de 2 lt.	Operador
6	¿El depósito de alcohol se encuentra en el nivel mínimo 1 lt. ?	Si se observa niveles de alcohol por debajo de los 2 litros, se verificara que esté llegando alcohol a las pistas y se ajustara el flujo de salida.	Operador
7	¿Deposito sin alcohol?	Si se verifica que no hay alcohol en los depósitos, se llenara el depósito hasta el tope.	Operador
8	Se carga alcohol hasta el nivel máximo 2 lt. cada 1 hora	Existe la rutina de llenar los depósitos de 2 litros por cada hora	Operador
9	¿Se verifica que las rpm de adhesivo este en objetivo valor MI = 9?	Se verifica los seteos de aplicación de adhesivo en pantalla de MI	Operador / OC
10	Regulación de rpm = 1.5, por problemas de baja adhesividad del inserto.	Se encuentra seteo de dosificación de adhesivo por encima del objetivo en 0.6 rpm	Operador / OC
11	¿La presión de corte esta en objetivo 35 psi?	Se verifica los seteos de regulación de presión de corte en manómetro digital.	Operador
12	Se regula presión hasta el objetivo 35 psi, en + 5 psi hasta eliminar el problema (máx.. 59 psi)	Se regula la presión en + 5 psi, para asegurar el reinicio del proceso	Operador
13	Reiniciar el proceso	Se reinicia el proceso dando pulsaciones para verificar el punto cero del corte (punto centro entre los rodillos)	Operador / OC
14	¿Se observa presencia de recorte de tela en estación de corte?	De presentarse nuevamente los recortes de tela se comunicara al supervisor para las gestiones.	Operador
15	Se solicita soporte de mantenimiento mecánico y electrónico	Supervisor y Analista, se comunicara con el área de mantenimiento para realizar Análisis Causa Raíz	Analista

Fuente: diseño del autor

2.5.5 Implementación de Mejora

Según lo mostrado en la figura 15, el sistema es simple, el alcohol es dosificado por caída (por gravedad), se regula la cantidad de dosificación de forma manual sin parámetros de control o de seguimiento, lo que tampoco asegura que el alcohol se limpie totalmente las pistas de contacto de la cuchilla de corte. Así también se pierde mucho tiempo en las recargas repetitivas del alcohol que se realizan cada 60 minutos aproximadamente recorriendo una distancia de 25 metros, lo que incrementa la presencia de recortes en el producto.

El sistema reduce la eficiencia de la máquina ya que al ser una línea de producción continua se debe reducir la velocidad de máquina por contaminación de las pistas de contacto de la cuchilla y cuando la presencia de recortes alcanza las 2880 unidades bloqueadas (producto para reproceso) se debe para la producción para la intervención de operativa de limpieza del sistema o en casos críticos solicitar el soporte del área de mantenimiento.

Se propone mejorar el sistema actual de dosificación de alcohol, implementando:

- Fabricación de un Manifold en aluminio para 4 salidas.
- Instalación de 4 electroválvulas para cada salida del Manifold.
- 4 mangueras de uso neumático diámetro de 8 por 3 metros de largo.
- Tanque de acero inoxidable para alcohol de 30 lt de capacidad.
- Tubo de cobre de ½ pulgada de 25 metros de largo.

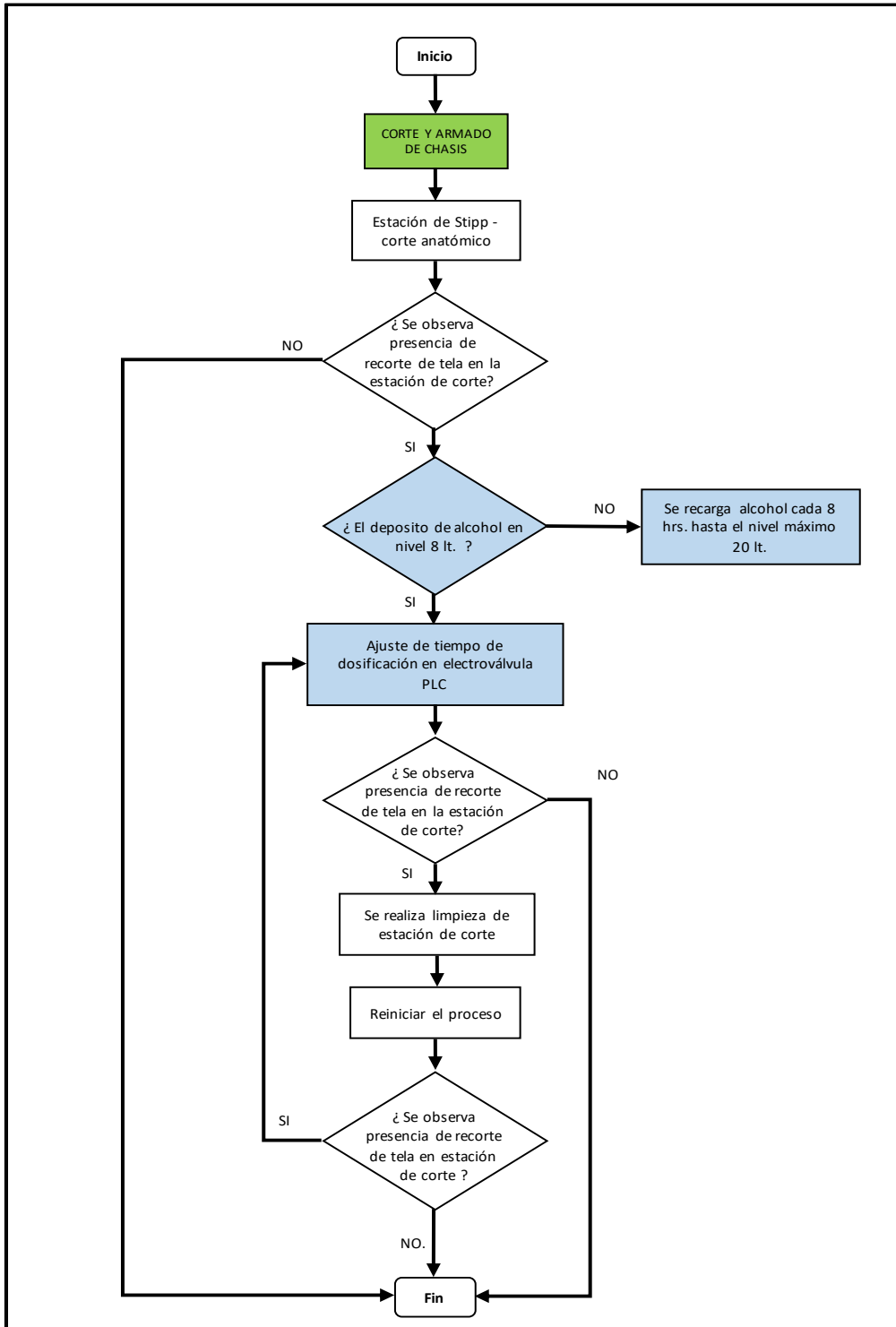
Una vez instalado el kit del sistema, por medio de las electroválvulas conectadas al software de control del proceso (PLC) se controlara la dosificación de dos maneras; en tiempos de arranque y cuando el proceso este continuo.

- En arranques se apertura la válvula por un tiempo de 120 segundos continuos a 4 psi de presión neumática.
- En producción continua se dosificara cada 15 minutos con apertura de electroválvula por 60 segundos a 4 psi de presión neumática.

Los tiempos se establecieron de forma gradual hasta obtener los objetivos propuestos, reduciendo el consumo de alcohol utilizado en la limpieza de las pistas de contacto de la cuchilla, sin que se presente exceso en su aplicación.

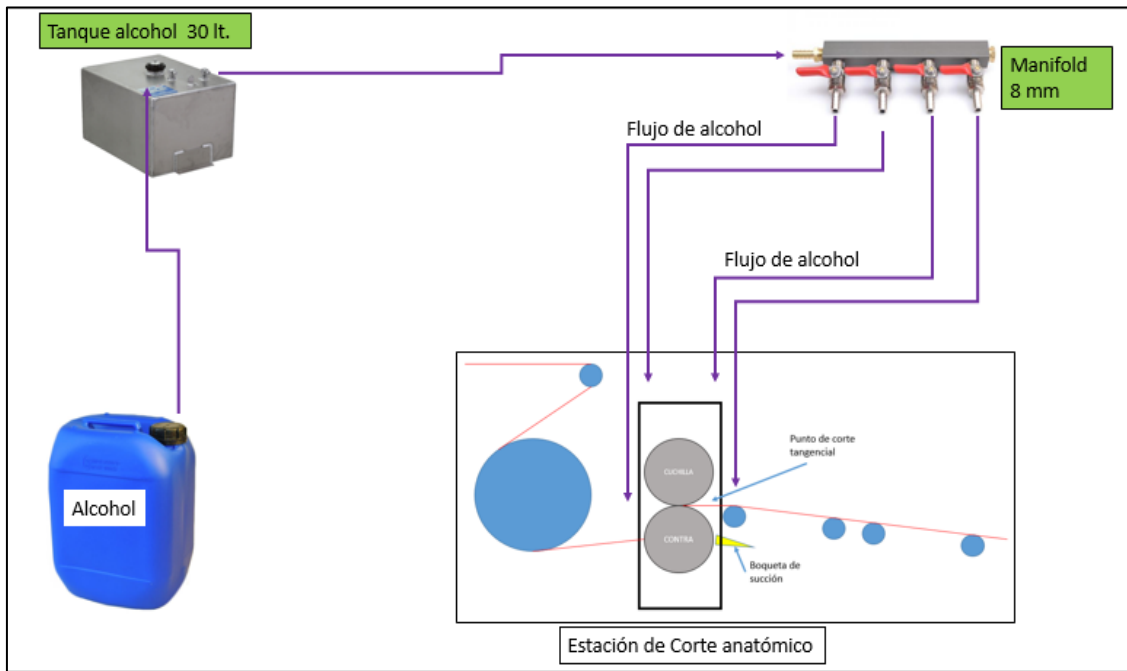
Toda la implementación se vio reflejada en la reducción de consumo de alcohol, eliminar tiempo operativo en recargar los depósitos, eliminar la presencia de recortes, reducir los tiempos de parada por presencia de recortes.

Figura 18. Flujograma del proceso de Corte y armado de Chasis, después de la mejora



Fuente: diseño del autor

Figura 19. Propuesta de mejora implementada, nuevo sistema de dosificación de alcohol



Fuente: diseño del autor

2.5.6 Beneficios de la aplicación

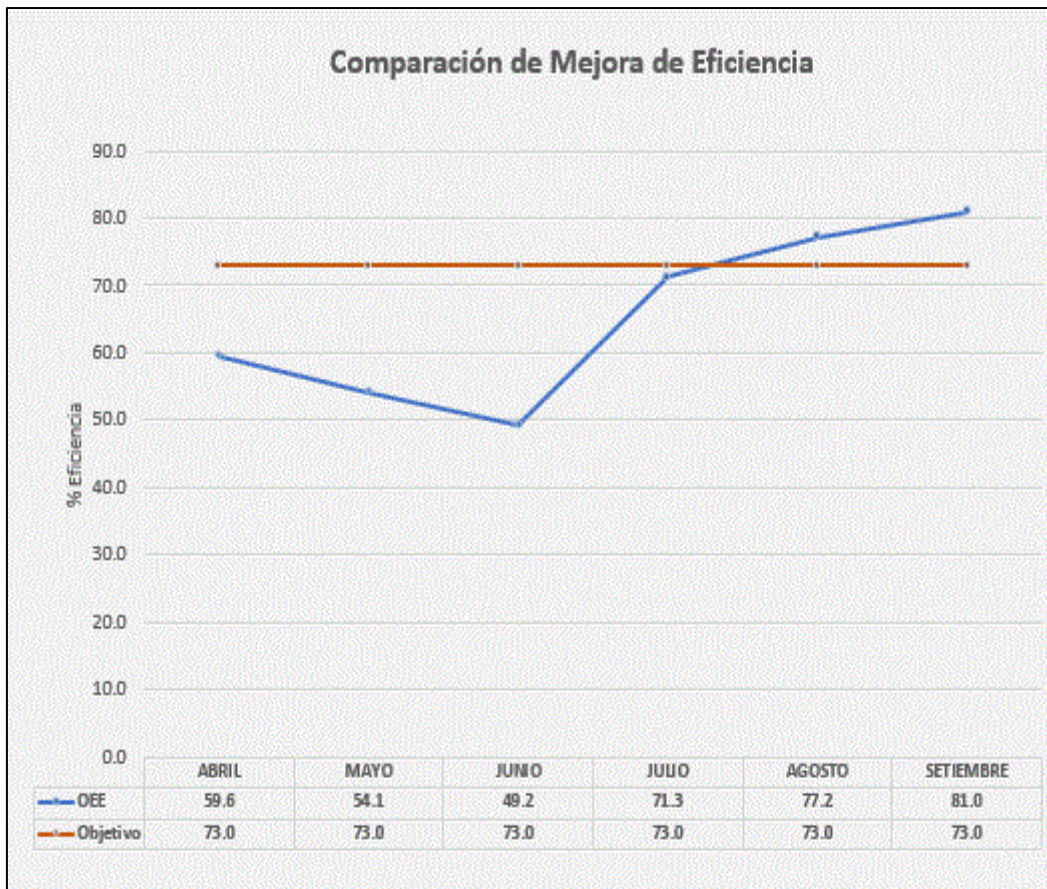
Los beneficios de la mejora:

Aportes de la mejora:

- **En seguridad:** Se mantenía puerta del Agrupador abierta, por seguridad no debería existir accesos a la máquina, se mantenía abierta por inspección de recortes (posibles problemas de atrapamiento, mutilación, piñizco, golpe, etc.), por partes en movimiento.
 - Con ello eliminamos los riesgos de seguridad, calidad y proceso.
- **En Calidad:** Reclamo del consumidor (pallet bloqueado, acumulación de producto, reproceso, manipulación del producto de primera, etc.).
- **En proceso:** Tiempos de parada (Delay), desperdicio generado (Waste) y pérdida de velocidad (limpieza, ajustes, cambio de equipo, etc.). Personal exclusivo para retirar el recorte las 24 horas, horas extras, sobre consumo de bolsas primarias, daños a otros equipos, etc.
 - Evitamos la compra del KIT de cuchillas carburadas para la sección de corte anatómico \$ 500,000 (medio millón de dólares aproximadamente)

7.7 Comparación de la eficiencia antes y después de la mejora

Figura 20. Comparación de mejora de Eficiencia en máquina de Pants



Fuente: diseño del autor

2.6 Métodos de análisis de datos

2.6.1 Análisis descriptivo.

El empleo de la estadística resulta determinante, recordando que por lo menos realizar un conteo y clasificación de objetos y fenómenos en tal motivo no es solo inferencial si no también descriptiva (TORRES, 2016).

Se aplicará la estadística descriptiva en la recolección, el procesamiento y el análisis de un conjunto de registros diarios de los indicadores de máquina. Se consideran las estadísticas descriptivas, como la media y la desviación estándar, R cuadrado, Error de estimación y Durbin-Watson, utilizadas en el software SPSS.

2.6.2. Análisis inferencial

Para nuestro caso la estadística inferencial, permitirá estimar parámetros de la población, así también extraer conclusiones para tratar de probar las hipótesis, por medio de pruebas y manejo de estadísticos descriptivos, momento de toma de datos, el contraste de las hipótesis y la prueba de Student para muestras relacionadas o emparejadas. Las que serán utilizadas para la confirmación o rechazo de los parámetros que se miden. Para el desarrollo de las pruebas se hará uso del software estadístico SPSS.

2.7 Aspectos éticos

Se tiene presente para el desarrollo de esta investigación la obtención de los resultados de forma auténtica, teniendo como principio el respeto de la propiedad intelectual, el respeto a las organizaciones, sean de carácter político o religioso. A si mismo se considera las responsabilidades sociales, de política, de orden jurídico y ético. Para la aplicación de las metodologías se considera la privacidad y confidencialidad de la empresa donde se desarrolla la investigación y de los individuos que contribuyeron en el desarrollo y conclusión.

III. RESULTADOS

3.1. Estadísticos descriptivos.

3.1.1. Momento de toma de datos por las variables independientes.

En la primera descripción se tuvo el cruce del Momento de la toma de datos por la variable independiente Capacidad efectiva. El resultado fue el siguiente:

Tabla 17. Estadísticos descriptivos de la Capacidad efectiva por el momento de toma de datos

Momento_toma_datos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
Pre Test	Capacidad efectiva	87	5486	101911	70357,52	21481,690
	N válido (por lista)	87				
Post Test	Capacidad efectiva	87	17986	103794	85014,00	19788,623
	N válido (por lista)	87				

Se observó que el promedio de la Capacidad efectiva del Pre test fue 70357,52 en contraste con el valor del post test 85014,00, observándose una ligera diferencia, aunque en realidad lo mejor es que la variabilidad se redujo considerablemente en el post test (D.S = 19788,623) lo que indicaría que los datos fueron más homogéneos en el post test, como también se aprecia a continuación.

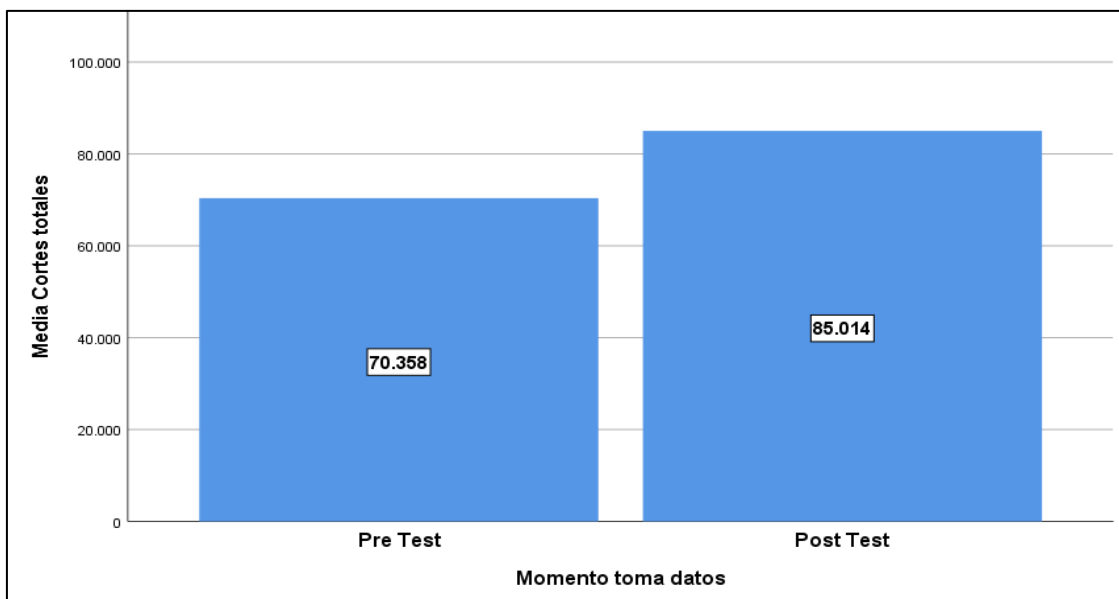


Figura 21. Distribución de los estadísticos descriptivos de la Capacidad efectiva por el momento de toma de datos.

En la segunda descripción se tuvo el cruce del Momento de la toma de datos por la variable independiente Horas paradas. El resultado fue el siguiente:

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de las Horas paradas por el momento de toma de datos

Momento_toma_datos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
Pre Test	Horas paradas	87	,135	6,201	1,72736	1,169269
	N válido (por lista)	87				
Post Test	Horas paradas	87	,033	1,992	,80093	,424189
	N válido (por lista)	87				

Se observó que el promedio de las horas paradas del Pre test fue 1,72736 en contraste con el valor del post test 0,80093, observándose una ligera diferencia, aunque en realidad lo mejor es que la variabilidad se redujo considerablemente en el post test (D.S = 0,424189) lo que indicaría que los datos fueron más homogéneos en el post test, como también se aprecia a continuación.

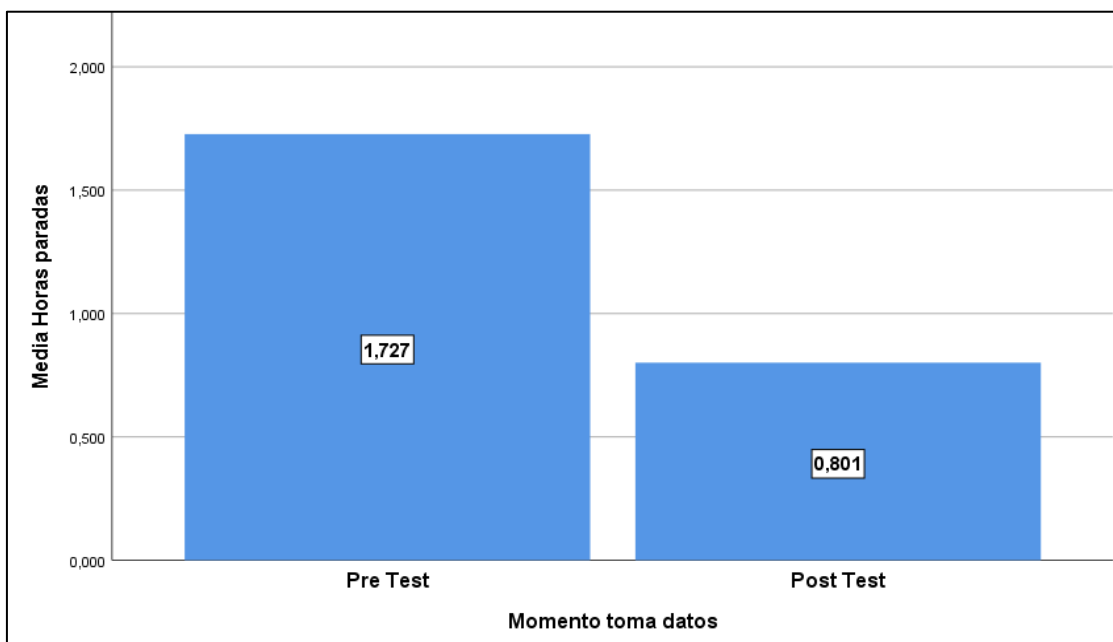


Figura 22. Distribución de los estadísticos descriptivos de los Horas paradas por el momento de toma de datos.

En la tercera descripción se tuvo el cruce del Momento de la toma de datos por la variable independiente Waste. El resultado fue el siguiente:

Tabla 19. Estadísticos descriptivos del Waste por el momento de toma de datos

Momento_toma_datos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
Pre Test	Waste	87	,005	,475	,05860	,059149
	N válido (por lista)	87				
Post Test	Waste	87	,004	,102	,03485	,017323
	N válido (por lista)	87				

Se observó que el promedio del Waste del Pre test fue 0,05860 en contraste con el valor del post test 0,03485, observándose una ligera diferencia, aunque en realidad lo mejor es que la variabilidad se redujo considerablemente en el post test (D.S = 0,017323) lo que indicaría que los datos fueron más homogéneos en el post test, como también se aprecia a continuación.

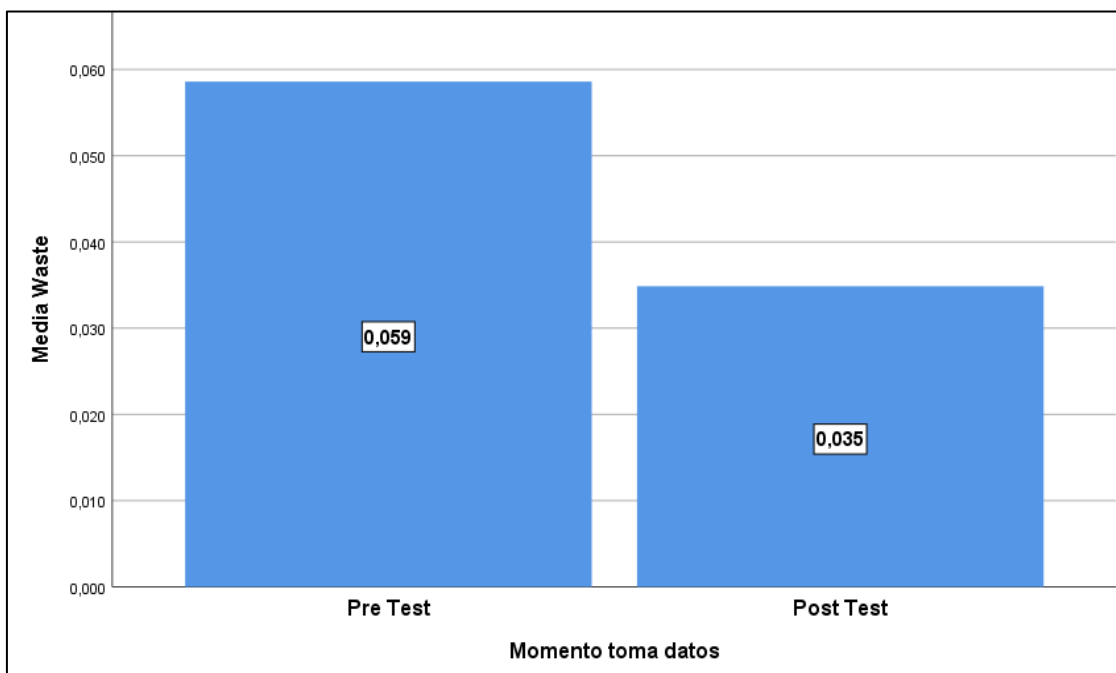


Figura 23. Distribución de los estadísticos descriptivos del Waste por el momento de toma de datos.

3.1.2. Momento de toma de datos por las variables dependientes.

VARIABLES DEPENDIENTES: RENDIMIENTO Y CALIDAD.

Tabla 20. Estadísticos descriptivos del rendimiento y calidad por el momento de toma de datos

Momento_toma_datos	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. Desviación	
Pre Test	Rendimiento	87	,288	,966	,75559	,153957
	Calidad	87	,525	1,009	,94161	,059358
	N válido (por lista)	87				
Post Test	Rendimiento	87	,681	,995	,88807	,057580
	Calidad	87	,898	,996	,96515	,017323
	N válido (por lista)	87				

Se observó que en el caso del pre test, el rendimiento tuvo un promedio de 0,75559, y la calidad tuvo un 0,94161, mientras que, en post test, rendimiento tuvo un 0,88807, y la calidad tuvo 0,96515, siendo notorio que el rendimiento tuvo más diferencias que la calidad entre el pre y el post test, adicionando que la disminución de la dispersión fue muchísimo menor en el post test también, teniendo una DS = 0,0576.

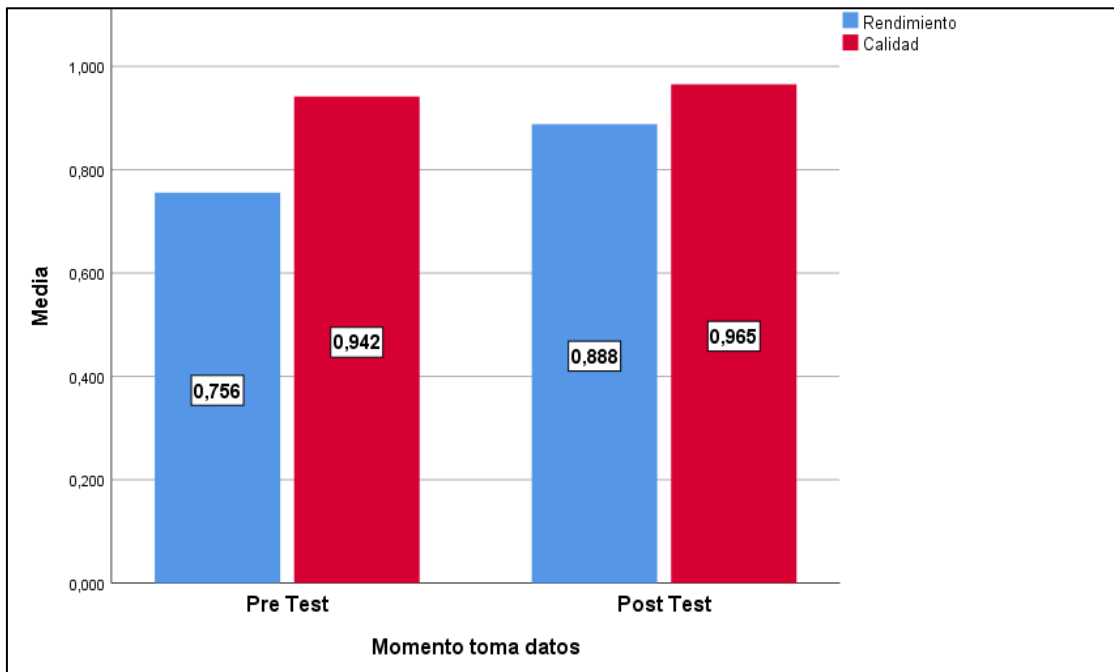


Figura 24. Distribución de los estadísticos descriptivos del rendimiento y calidad por el momento de toma de datos.

3.2. Contraste de Hipótesis.

3.2.1. Hipótesis específica 1: Variables independientes (Capacidad efectiva, Horas paradas y Waste x Rendimiento)

Como se vio en el caso anterior, para el contraste de esta segunda hipótesis específica se empleó nuevamente la Prueba de regresión lineal múltiple, con la finalidad de determinar si las variables independientes influyeron o no en el rendimiento observable.

Para la ejecución de esta prueba fue necesario determinar el nivel de potencia que se tiene. Para ello se observó el R cuadrado, que es el coeficiente de determinación, obteniendo un valor de 0.919 para el pre test y 0,889 para el post test, valores altos que refleja una buena predicción del modelo de influencia. Como se ve a continuación.

Tabla 21. Predictores R cuadrado del modelo de regresión lineal múltiple.

Momento toma datos	Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
Pre Test	1	,959 ^a	,919	,916	,044655	2,298
Post Test	1	,943 ^a	,889	,885	,019534	2,125

a. Predictores: (Constante), Waste, Horas paradas, Capacidad efectiva
b. Variable dependiente: Rendimiento

Con este resultado alentador y favorable, se formularon las siguientes hipótesis de contraste:

H1: La Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste influyen en el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants.

H0: La Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste no influyen en el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants.

Tabla 22. Prueba de regresión entre los Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste sobre el rendimiento del producto de la máquina de Pants.

Momento toma datos	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
Pre Test	1	Regresión	1,873	3	,624	313,087	,000 ^b
		Residuo	,166	83	,002		
		Total	2,038	86			
Post Test	1	Regresión	,253	3	,084	221,426	,000 ^b
		Residuo	,032	83	,000		
		Total	,285	86			
a. Variable dependiente: Rendimiento							
b. Predictores: (Constante), Waste, Horas paradas, Capacidad efectiva							

Se observó que el valor de la significancia fue menor que el propuesto ($p=0,000<0,05$) para ambos momentos de toma de datos, por lo que se tuvo evidencia para rechazar la hipótesis nula afirmando que la Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste influyen en el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants.

Con este resultado quedó en determinarse cuál de las variables independientes tenía mayor influencia en el rendimiento de esta máquina. Para ello se obtuvieron los coeficientes de predicción, observando que tanto en el pre test hubo significancia solamente para todas las variables independientes (Capacidad efectiva, horas paradas y Waste) ($p=0,000<0,05$), mientras que para el caso del post test hubo solamente para Capacidad efectiva, Horas paradas ($p=0,000<0,05$), y no hubo significancia para la variable Waste ($0,360>0,05$).

Por lo que, de acuerdo con este modelo, queda observar con que el Waste, no determina el rendimiento de la máquina, pero si afecta la calidad después de la intervención de la propuesta de este trabajo de investigación.

Tabla 23. Coeficientes de regresión entre los Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste sobre el rendimiento del producto de la máquina de Pants.

Momento toma datos	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Correlaciones			Estadísticas de colinealidad		
		B	Desv. Error	Beta			Orden cero	Parcial	Parte	Tolerancia	VIF	
Pre Test	1	(Constante)	,803	,027		30,279	,000					
		Capacidad efectiva	2,172E-6	,000	,303	7,781	,000	,611	,649	,243	,645	1,551
		Horas paradas	-,100	,004	-,763	-23,392	,000	-,865	-,932	-,732	,919	1,088
		Waste	-,457	,098	-,176	-4,666	,000	-,420	-,456	-,146	,691	1,447
Post Test	1	(Constante)	,875	,012		74,189	,000					
		Capacidad efectiva	1,335E-6	,000	,459	12,001	,000	,345	,796	,439	,916	1,092
		Horas paradas	-,120	,005	-,885	-23,939	,000	-,820	-,935	-,876	,980	1,020
		Waste	-,116	,126	-,035	-,921	,360	-,142	-,101	-,034	,934	1,071
a. Variable dependiente: Rendimiento												

3.2.2. Hipótesis específica 1I: Variables independientes (Capacidad efectiva, Horas paradas y Waste x Calidad)

Como se indicó, para el contraste de la hipótesis específica se empleó la Prueba de regresión lineal múltiple, con la finalidad de determinar si las variables independientes influyeron o no en la calidad observable.

Para la ejecución de esta prueba fue necesario determinar el nivel de potencia que se tiene. Para ello se observó el R cuadrado, que es el coeficiente de determinación, obteniendo un valor de 0.999, valor alto que refleja una buena predicción del modelo de influencia. Como se ve a continuación.

Tabla 24. Predictores R cuadrado del modelo de regresión lineal múltiple

Momento toma datos	Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin - Watson
Pre Test	1	,999 ^a	,999	,999	,001980	2,024
Post Test	1	1,000 ^a	1,000	1,000	,000000	,150

a. Predictores: (Constante), Waste, Horas paradas, Capacidad efectiva

b. Variable dependiente: Calidad

Con este aval, se formularon las siguientes hipótesis de contraste:

H1: La Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste influyen en la calidad de la maquina fabricadora de Pants.

H0: La Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste no influyen en la calidad de la maquina fabricadora de Pants.

Tabla 25. Prueba de regresión entre Capacidad efectiva, las Horas paradas, y el Waste sobre la calidad del producto de la máquina de Pants

Momento_toma_datos	Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Pre Test	1	Regresión	,303	3	,101	25739,227	,000 ^b
		Residuo	,000	83	,000		
		Total	,303	86			
Post Test	1	Regresión	,026	3	,009	.	. ^b
		Residuo	,000	83	,000		
		Total	,026	86			
a. Variable dependiente: Calidad							
b. Predictores: (Constante), Waste, Horas paradas, Capacidad efectiva							

Se observó que el valor de la significancia fue menor que el propuesto ($p=0,000<0,05$), por lo que se tuvo evidencia para rechazar la hipótesis nula afirmando que la Capacidad efectiva, las Horas paradas y el Waste influyen en la calidad de la maquina fabricadora de Pants.

Con este resultado quedó en determinarse cuál de las variables independientes tenía mayor influencia en la calidad del producto de esta máquina. Para ello se obtuvieron los coeficientes de predicción, observando que tanto en el pre test como en el post test hubo significancia solamente en la variable Waste ($p=0,000<0,05$) y no hubo significancia para la variable Capacidad efectiva ni para Horas paradas. Por lo que, de acuerdo con este modelo, queda observar con mayor detenimiento al Waste, que podría ser usado como un indicador de la calidad del producto en esta empresa. El detalle de lo enunciado se observa a continuación en la tabla de coeficientes.

Tabla 26. Coeficientes de regresión entre la Capacidad efectiva, las horas paradas y el Waste sobre la calidad del producto de la máquina de Pants.

Momento_toma_datos	Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	Correlaciones			Estadísticas de colinealidad		
		B	Desv. Error	Beta			Orden cero	Parcial	Parte	Tolerancia	VIF	
Pre Test	1	(Constante)	1,000	,001		850,411	,000					
		Capacidad efectiva	4,863E-9	,000	,002	,393	,695	,554	,043	,001	,645	1,551
		Horas paradas	-3,191E-5	,000	-,001	-,168	,867	-,102	-,018	-,001	,919	1,088
		Waste	-1,002	,004	-,998	-230,803	,000	-,999	-,999	-,830	,691	1,447
Post Test	1	(Constante)	1,000	,000		6304563061,326	,000					
		Capacidad efectiva	1,439E-23	,000	,000	,000	1,000	,257	,000	,000	,916	1,092
		Horas paradas	-4,626E-18	,000	,000	,000	1,000	,012	,000	,000	,980	1,020
		Waste	-1,000	,000	-1,000	-590720906,709	,000	-1,000	-1,000	-,966	,934	1,071

a. Variable dependiente: Calidad

Hipótesis general:

Para el rendimiento:

Para la determinación de las diferencias entre el pre y el post intervención con la propuesta de gestión de actividades de esta máquina productora de piezas de Pants, se empleó la prueba T Student para muestras relacionadas o emparejadas entre el rendimiento Pre y Post Test.

H1: En promedio, existe diferencias entre el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants antes y después de la mejora implementada.

H0: En promedio, no existe diferencias entre el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants antes y después de la mejora implementada.

Tabla 27. Prueba de muestras emparejadas entre el rendimiento de la maquina productora de Pants pre y post test.

		Diferencias emparejadas					t	Gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Rendimiento Pre Test - Rendimiento Post Test	-,132475	,163767	,017558	-,167379	-,097572	-7,545	86	,000

Se observó un valor de significancia menor que el nivel propuesto ($p=0,000 < 0,05$) teniendo evidencia rechazar la hipótesis nula y para señalar que En promedio, existe diferencias entre el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants antes y después del tratamiento.

Con este resultado, quedó saber cuál de los promedios fue mayor, por lo que recurriendo al valor de la media diferencial, ésta tuvo un valor negativo (-0,132475) por lo que se afirma que el rendimiento post test fue, en promedio, mayor que el del pre test.

Para la calidad.

Nuevamente, para la determinación de las diferencias de la calidad entre el pre y el post intervención con la propuesta de gestión de actividades de esta máquina productora de piezas de Pants, se empleó la prueba T Student para muestras relacionadas o emparejadas entre el rendimiento Pre y Post Test.

H1: En promedio, existe diferencias entre la calidad del producto de la maquina fabricadora de Pants antes y después del tratamiento.

H0: En promedio, no existe diferencias entre la calidad del producto de la maquina fabricadora de Pants antes y después del tratamiento.

Tabla 28. Prueba de muestras emparejadas entre la calidad del producto de la maquina productora de Pants pre y post test.

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
F a Calidad Pre Test - r Calidad Post Test 1	-,023537	,055006	,005897	-,035260	-,011813	-3,991	86	,000

Se observó un valor de significancia menor que el nivel propuesto ($p=0,000 < 0,05$) teniendo evidencia rechazar la hipótesis nula y para señalar que, En promedio, existe diferencias entre la calidad del producto de la maquina fabricadora de Pants antes y después del tratamiento.

Con este resultado, quedó saber cuál de los promedios fue mayor, por lo que recurriendo al valor de la media diferencial, ésta tuvo un valor negativo (-0,023537) por lo que se afirma que la calidad del producto post test fue, en promedio, mayor que el del pre test.

IV. DISCUSIÓN

La hipótesis general señala que aplicación de Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de la máquina de Pants adulto, Ate 2018, con el resultado obtenido en la hipótesis general para el rendimiento, quedó saber cuál de los promedios fue mayor, por lo que recurriendo al valor de la media diferencial, ésta tuvo un valor negativo (-0,132475) por lo que se afirma que el rendimiento post test fue, en promedio, mayor que el del pre test. Esto afirmaría que si hay una mejora en el rendimiento de la máquina luego de aplicada la metodología para mejorar el proceso de corte. En cuanto a la variable Calidad tuvo un valor negativo (-0,023537), contribuyendo en el incremento de la eficiencia de general de equipos OEE en 76.5%. Este resultado concuerda con BARAHONA, Leandro Y NAVARRO, Jessica. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de Acero aplicando la metodología Lean Six Sigma, donde se reduce el porcentaje de productos defectuosos y se logra el incremento la eficacia de su proceso en 76%.

Respecto de la hipótesis específica 1 de Lean Six Sigma para mejorar el rendimiento de la máquina de Pants adulto, Ate 2018, se observa que el valor de la significancia fue menor que el propuesto ($p=0,000<0,05$) para ambos momentos de toma de datos, por lo que se tuvo evidencia para rechazar la hipótesis nula afirmando que los cortes totales, las horas paradas y el Waste influyen en el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants, logrando incrementar en promedio 13.5%. Resultado que coincide con ABANTO, Rafael Y CABRERA, Luz en la tesis “Mejora de procesos en impresión Offset empleando la Metodología Lean Six Sigma para reducir el número de productos no Conformes”, donde el resultado que lograron incrementar estuvo en promedio 0.35%.

Respecto de la hipótesis específica 2 de Lean Six Sigma para mejorar la calidad en la máquina de Pants adulto, Ate 2018, que el valor de la significancia fue menor que el propuesto ($p=0,000<0,05$), por lo que se tuvo evidencia para rechazar la hipótesis nula afirmando que los cortes totales, las horas paradas y el Waste influyen en la calidad de la maquina fabricadora de Pants, logrando incrementar en promedio 1.4%. Resultado que coincide con ABANTO, Rafael Y CABRERA, Luz en la tesis “Mejora de procesos en impresión Offset empleando la Metodología Lean Six Sigma para reducir el número de productos no Conformes”, Logran alcanzar un nivel sigma de 4.1.

V. CONCLUSIONES

Respecto de los resultados obtenidos en la investigación, observamos que la aplicación de Lean Six Sigma mejoro la eficiencia de la máquina productora de Pants en un 22.3 %, alcanzando un 76.5 % colocándola dentro de los objetivos planteados por la empresa del 74 % año. De los resultados estadísticos se observó un valor de significancia menor que el nivel propuesto en ($p=0,000<0,05$), determinándose que en promedio si existen diferencias entre el antes y un después de aplicada la mejora, teniendo mayor promedio en el post test, evidenciándose que la intervención fue efectiva.

Respecto de los resultados obtenidos en la investigación, observamos que la aplicación de Lean Six Sigma mejoro el rendimiento de la máquina productora de Pants, se observa un valor de significancia menor que el nivel propuesto en ($p=0,000<0,05$) rechazando la hipótesis nula, para señalar que en promedio, existe diferencias entre el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants antes y después de aplicada la mejora. Con este resultado se recurre al valor de la media diferencial, obteniendo un valor negativo (-0,132475) por lo que se afirma que el rendimiento post test fue, en promedio, mayor que el del pre test. Teniendo un incremento promedio porcentual de 13.2 %. Los resultados obtenidos de las variables Capacidad efectiva y Horas paradas se afirma que fueron determinantes para el rendimiento de esta máquina.

Respecto de los resultados obtenidos en la investigación, observamos que la aplicación de Lean Six Sigma mejoro la calidad en la máquina productora de Pants, se observa un valor de significancia menor que el nivel propuesto en ($p=0,000<0,05$) rechazando la hipótesis nula, para señalar que en promedio, existe diferencias entre el rendimiento de la maquina fabricadora de Pants antes y después de aplicada la mejora tratamiento. Con este resultado se recurre al valor de la media diferencial, obteniendo un valor negativo (-0,023537) por lo que se afirma que la calidad del producto post test fue, en promedio, mayor que el del pre test. Teniendo un incremento promedio porcentual de 2.4 %. El resultado del Waste fue significativo tanto en el pre como el post test, lo que lleva a concluir que esta variable tiene una gran injerencia pudiendo ser usado como indicador de la calidad.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda:

A las jefaturas de producción y analistas de máquina aplicar la metodología Lean Six Sigma en cada una de sus etapas para analizar y resolver los problemas de máquina, secuencialmente paso a paso y medir los resultados de eficiencia apoyándose en los resultados obtenidos del presente estudio. Importante involucrar al personal idóneo con características de responsabilidad y análisis de datos. Administrar un archivo con los resultados para ser consultados por todo el personal de producción.

A las áreas de soporte; mantenimiento mecánico y electrónico, tomar como referencia los resultados obtenidos en esta investigación donde hubo una mejora del rendimiento, donde se redujo la cantidad de horas paradas por el problema en el dispositivo de dosificación del corte, evitando solicitar regular la presión de corte que desgasta la herramienta. Tomar como referente la implementación de la mejora para replicar en otras líneas de la planta.

A los líderes de producción encargados del proceso de producción, tomar como referencia los resultados obtenidos en esta investigación donde hubo una mejora en la calidad de productos, en lo que se refiere a reducir las retenciones, bloqueo de unidades por el atributo presentado. A los investigadores de este rubro formular proyectos de correlación empleando las mismas variables propuestas en este estudio y medir las asociaciones en base al rendimiento y la calidad.

Al tener una máquina de proceso continuo, donde no se contemplan las paradas programadas, en lo que se refiere al consumo de alimentos o celebraciones o reuniones. Se recomienda considerar la disponibilidad en razón porcentual con resultados iguales al rendimiento.

REFERENCIAS

ABANTO, Rafael; CABRERA, Luz. 2016. Google Académico. Repositorio Institucional UPNBOX. [En línea] Universidad Privada del Norte, 31 de 10 de 2016. [Citado el: 2018 de 10 de 15.] <http://hdl.handle.net/11537/10350>.

AROCA, Steven; PACHECO Leslie. 2017. Diseño de un Modelo de Mejoramiento de la Productividad basado en Herramientas Lean Six Sigma para 4 Empresas Pyme del sector Cuero, calzado Marroquinería en la ciudad de Cali. RED Repositorio Educativo Digital. [En línea] Universidad Autónoma del Occidente, 2017. [Citado el: 20 de 01 de 2019.] <http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/9770/1/T07438.pdf>.

BANCES, Luis. 2017. Google Academic. Cibertesis Repositorio de de Tesis Digitales. [En línea] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2017. [Citado el: 05 de 12 de 2018.] <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/6405>.

BARAHONA Leandro; NAVARRO, Jessica. 2013. Google Académico. Repositorio PUCP. [En línea] 2013. [Citado el: 2018 de 05 de 20.] <http://hdl.handle.net/20.500.12404/4925>.

BOLTE, Julia. 2014. EBSCO. The big question about LEAN SIX SIGMA. [En línea] 01 de 04 de 2014. [Citado el: 21 de 06 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=41&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

BRITS, H. 2018. EBSCO. A quest for waste reduction at institutions of higher learning : investigating the integration of six sigma and lean six sigma methodologies with total quality management. [En línea] 1 de 09 de 2018. [Citado el: 15 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=30&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

BROWN, Charlie. 2019. EBSCO. Why and how to employ the SIPOC model. [En línea] 01 de 03 de 2019. [Citado el: 21 de 06 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=146&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

CHAKRAVORTY, S. 2018. EBSCO. GAIN SPEED by losing tools: Sometimes Six Sigma is more of an albatross than a solution. [En línea] 01 de 06 de 2018. [Citado el:

20 de 05 de 2019.]

<http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=32&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

CHOPRA, Kashish. 2017. EBSCO. The Pareto Principle in Leveraging Dynamic Compliance Program Effectiveness. [En línea] 01 de 06 de 2017. [Citado el: 29 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=75&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

CHOW, Timothy; DOWNING, Craig. 2016. EBSCO. Adapting Six Sigma for Academia. (cover story). [En línea] 01 de 09 de 2016. [Citado el: 118 de 05 de 2019.] <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=117506464&lang=es&site=eds-live>.

DIAGO, Victoria; MERCADO, Valeria. 2013. Google Académico. REDICUC. [En línea] Repositorio Universidad de la Costa, 2013. [Citado el: 2018 de 11 de 15.] <http://hdl.handle.net/11323/467>.

ESCALANTE, Edgardo. 2013. Seis-Sigma. México : LLIMUSA S.A de C.V GRUPO NORIEGA EDITORES, 2013. 978-607-05-0448-8.

FELIZZOLA, Heriberto; LUNA, Carmenza. 2014. Google Académico. Scielo. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de 02 de 2019.] https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052014000200012&script=sci_arttext&tlng=e. ISSN 0718-3305.

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, M. 2010. Metodología de la investigación. Quinta. Mexico D.F. : MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2010. pág. 656. ISBN: 978-607-15-0291-9.

HILL, Edward. 2018. EBSCO. The role of Six Sigma in a modern quality management strategy. [En línea] 01 de 08 de 2018. [Citado el: 19 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=39&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

HOOK, Chirs. 2016. EBSCO. Deploying lean Six Sigma in logistical battles. [En línea] 01 de 03 de 2016. [Citado el: 18 de 06 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=40&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

HUDSON, Jhon. 2017. EBSCO. Instead of bickering over methodologies, find synergies between theory of constraints, lean and Six Sigma. [En línea] 01 de 10 de 2017. [Citado el: 16 de 05 de 2019.] <http://search.ebscohost.com/login.aspx?>

INDRAWATI, Sri; RIDWANSYAH, Muhammad. 2015. Science Direct. Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application. [En línea] 2015. [Citado el: 10 de 03 de 2019.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915011889#bibl0005>.

LUCA, Liliana; PASARE, Minodora y STANCIOIU, Alin. 2017. EBSCO. Study to Determine a New Model of the Ishikawa Diagram for Quality Improvement. [En línea] 01 de 05 de 2017. [Citado el: 29 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=63&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

MARCELA, Liliana; GAMBOA, Andrea y GIL, Bryam. 2016. Google Académico. Biblioteca digital Universidad de San Buenaventura. [En línea] Universidad de San Buenaventura - Cali, 2016. [Citado el: 2018 de 10 de 24.] <http://hdl.handle.net/10819/3445>.

MEDINA, Gustavo; MONTALVO, Gina y VÁSQUEZ, Manuel. 2018. Google Académico. Revista Científica INGENIERÍA: CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. [En línea] 27 de 09 de 2018. [Citado el: 08 de 05 de 2019.] <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/863>.

NIÑO, V. 2011. Metodología de la investigación. Primera. Bogotá : Ediciones de la U, 2011. pág. 158. ISBN. 978-958-8675-94-7.

PACORA, Jámblico. 2018. Google. Tesis PUCP. [En línea] 07 de 08 de 2018. [Citado el: 05 de 11 de 2018.] <http://hdl.handle.net/20.500.12404/12420>.

PEREUS, Steven; ROHAN, Nathan. 2016. EBSCO. Lean and Six Sigma in Education. [En línea] 01 de 11 de 2016. [Citado el: 21 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=43&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

PÉREZ, Esteban; GARCÍA, Minor. 2014. Google Académico. Tecnológico de Costa Rica. [En línea] Julio-Setiembre de 2014. [Citado el: 10 de 04 de 2019.] <https://doi.org/10.18845/tm.v27i3.2070>.

RANHAN, Rajeev; MISHRA, Ajay. 2016. EBSCO. Evaluation and Optimization of Overall Equipment Effectiveness on a Pasting Machine in a Battery Manufacturing Industry. [En línea] 07 de 05 de 2016. [Citado el: 20 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=23&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

RODRIGUEZ, F.; BRAVO, L. 1991. Indicadores de Calidad y Productividad de la Empresa. [En línea] 1991. <http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/863/Indicadores%20de%20calidad%20y%20productividad%20en%20la%20empresa.PDF.980-6088-12-3>.

SANCHEZ, Andres. 2017. Google Académico. Revista de Investigación Administración e Ingenierías. [En línea] 01 de 01 de 2017. [Citado el: 16 de 04 de 2019.] <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/424>.

SOCCONINI, Luis. 2016. Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia de los negocios. México : Alfaomega Grupo Editor, 2016. 978-607-622-598-1.

SOSANTRI, Benti; YULHENDRA, Dedi y RABOWO, Heri. 2018. EBSCO. Optimalisasi Peralatan Tambang Dengan Metoda Overall Equipment Effectiveness (Oee) Di Pit 1 Penambangan Batubara Banko Barat Pt Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim Sumatera Selatan. [En línea] 2018. [Citado el: 13 de 05 de 2019.] <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/mining/article/view/10096>.

STEFANOVIC, Slobodan. 2014. EBSCO. Analysis of Technological Process of Cutting Logs Using Ishikawa Diagram. [En línea] 01 de 10 de 2014. [Citado el: 28 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=69&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.

TORRES, Carlos; MONSALVE, Oscar. 2009. Google. Revista de Ingeniería Industrial. [En línea] 2009. [Citado el: 29 de 05 de 2019.] <https://books.google.com.pe/books?id=A2GUDwAAQBAJ&pg=PA34&lpg=PA34&dq=Revista+de+Ingenieria+Industrial+TORRES,+C.;+MONSALVE,+O.&source=bl&ots=DjhqH4m7Jg&sig=ACfU3U2nYPTpIP2aJXr73-pgTyl7rpFFCg&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi-hoSCxP7iAhUOr1kKHSV3Bw8Q6AEwAnoECAkQAQ#.ISSN-e0717-9103>.

- TORRES, P. 2016.** Google Academico. Revista Científico Pedagógico. [En línea] 21 de 03 de 2016. [Citado el: 16 de 04 de 2019.]
<https://atenas.reduniv.edu.cu/index.php/atenas/article/view/194>. ISBN: 1682-2749.
- UCHIMA, Cristhian. 2017.** Google Académico. Repositorio Institucional - UNI. [En línea] Universidad Nacional de Ingeniería, 2017. [Citado el: 2018 de 10 de 15.]
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/12163>.
- VACAS Francisco, LOAYZA Juan. 2009.** Google Académico. Repositorio Digital Universidad De Las Américas. [En línea] Universidad De Las Américas, 2009. [Citado el: 2018 de 10 de 05.] <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4158>.
- VEGA, Wilder. 2012.** Google Academico. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Ingeniería. [En línea] Universidad Nacional de Ingeniería, 2012. [Citado el: 07 de 11 de 2018.] <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3694>.
- VERA, Kimberly. 2018.** Google Academico. Repositorio Digital Universidad técnica del Norte. [En línea] Univerisdad Técnica del Norte, 2018. [Citado el: 05 de 12 de 2018.] <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8477/1/04%20IND%20132%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
- VINHAIS, J. 2004.** Engineering Plus. Leaning into Six Sigma: integrating Lean Six Sigma and a manufacturing execution system can help meet regulatory compliance goals. This exclusive report shows how such integration can increase return on investment without compromising quality or efficienc. [En línea] 11 de 2004. [Citado el: 18 de 06 de 2019.] <http://link.galegroup.com/apps/doc/A126013087/SPJ.SP12?>.
- ZHAN Wei. 2016.** EBSCO. Lean Six Sigma Project on Writing a Lean Six Sigma Textbook. [En línea] 01 de 06 de 2016. [Citado el: 18 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=137&sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee%40pdc-v-sessmgr03>.
- ZHAN, Wei; DING, Xuru. 2016.** EBSCO. Lean Six Sigma and Statistical Tools for Engineers and Engineering Managers. [En línea] 2016. [Citado el: 28 de 05 de 2019.] <http://eds.b.ebscohost.com/eds/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzEwOTQwMDJfX0FO0?sid=0bba0a86-88ee-4eb7-a81a-f338827794ee@pdc-v-sessmgr03&vid=104&format=EB&rid=5>. ISBN-13: 978-1-60650-493-2.

Libros

ARBAIZA, Lidia. Como elaborar una tesis de grado. Lima: Universidad ESAN, 2014.
328 p.

ISBN: 975-612-410-34-4

ESCALANTE, Edgardo. Seis-Sigma: Metodologías y Técnicas. 2. ° ed. México: Limusa,
2013. 608 p.

ISBN: 978-607-05-0448-8

ANEXOS

Anexo 1: Cuadro de Causas – Fallas en los dispositivo de corte

N°	Causas	Puntaje	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado
C - 2	Dosificación de alcohol no controlada	15	15	24%
C - 7	Falta procedimiento para regular dosificación	13	28	45%
C - 8	Falta estandar limpieza de cuchilla	12	40	65%
C - 4	Variabilidad en la presión de corte	6	46	74%
C - 5	Tensión de transferencia de telas	4	50	81%
C - 6	No se registran las variables a inicio de turno	4	54	87%
C - 1	Personal operativo con poca experiencia	4	58	94%
C - 3	Variabilidad de vacío en la cámara de anvil	4	62	100%

Fuente: diseño del autor

Anexo 2: Tabla de causas - Fallas en los aplicadores de adhesivo

N°	Causas	Puntaje	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado
C - 2	Falla módulo de aplicador de inserto	14	14	24%
C - 3	Falla de electroválvula	11	25	42%
C - 4	Temperatura de adhesivo por encima de 170°C	9	34	58%
C - 6	Modificación de seteo en HMI	8	42	71%
C - 7	Variabilidad en la prueba de Adon	5	47	80%
C - 1	Personal mantenimiento con poca experiencia	4	51	86%
C - 5	No se verifica variables en inicio de turno	4	55	93%
C - 8	Ubicación de dispositivos poco accesibles	4	59	100%

Fuente: diseño del autor

Anexo 3: Tabla de causas - Falla del sellador US

N°	Causas	Puntaje	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado
C - 2	Perdida de paralelismo por atasco de tela	13	13	23%
C - 1	Alta rotación de personal de mantenimiento	10	23	40%
C - 3	Falla del Convertidor	9	32	56%
C - 4	Recalentamiento del Sonotrodo	7	39	68%
C - 5	Tensión de transferencia de materiales	6	45	79%
C - 6	Fuerza de sellado débil	4	49	86%
C - 7	Falta estándar para regular paralelismo y fuerza	4	53	93%
C - 8	Poca ventilación en estación	4	57	100%

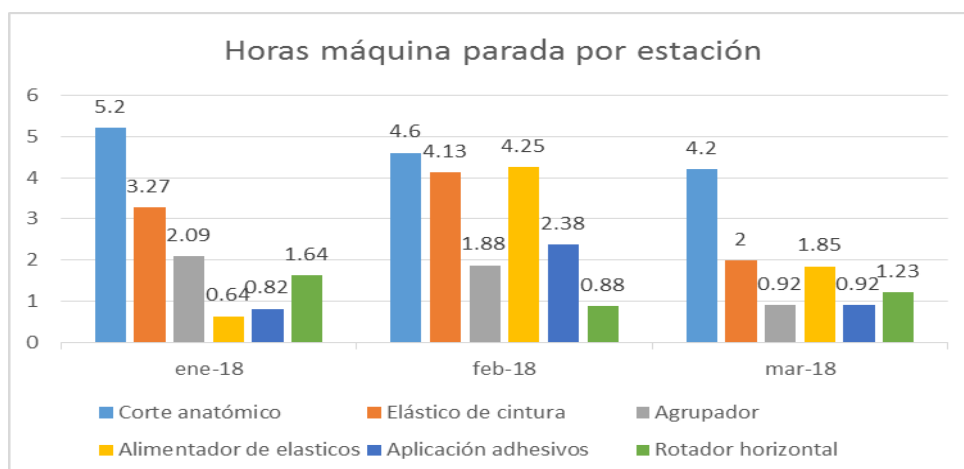
Fuente: diseño del autor

Anexo 4: Tabla de causa - Regulación de variables de control

N°	Causas	Puntaje	Frecuencia Acumulada	Porcentaje Acumulado
C - 7	Reguladores de flujo manuales	12	12	21%
C - 5	Falta estándar de trabajo SW	10	22	39%
C - 6	Falta estandarizar las prácticas operativas	9	31	55%
C - 1	No se cuenta con registros fotográficos	7	38	68%
C - 2	Personal operativo con poca experiencia	5	43	77%
C - 4	Se usan marcas sin indicador local	5	48	86%
C - 8	Varibilidad en el gramaje de telas	4	52	93%
C - 3	Ubicación de dispositivos poco accesibles	4	56	100%

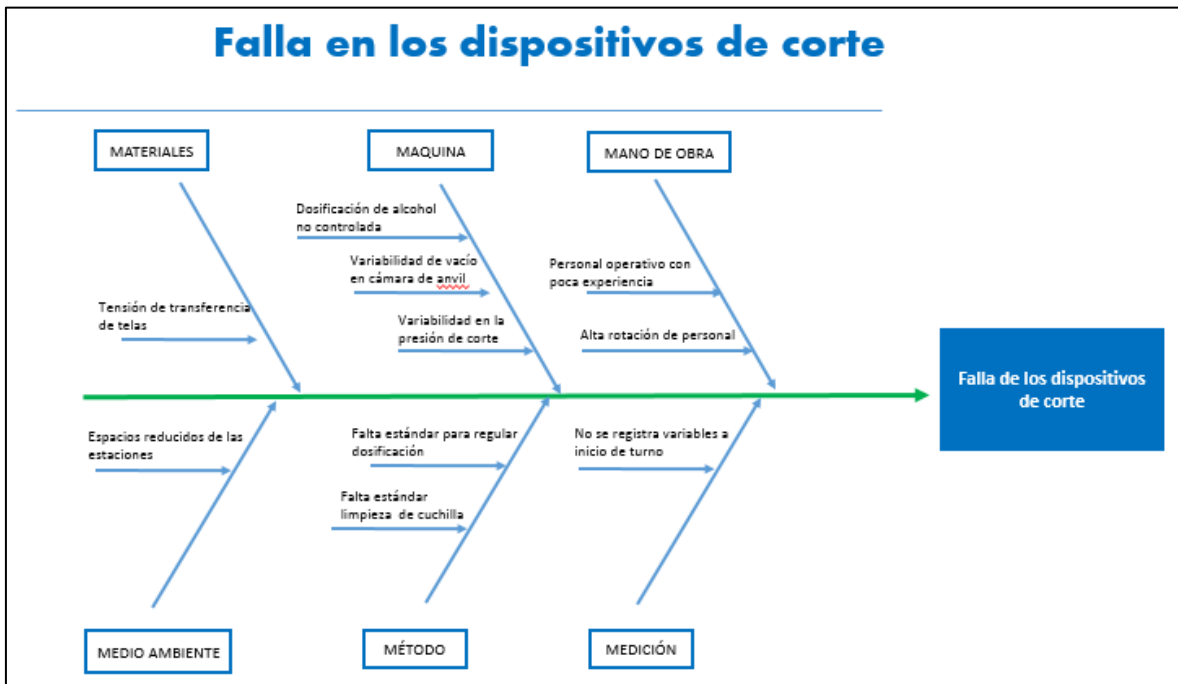
Fuente: diseño del autor

Anexo 5: Horas máquina parada por estaciones



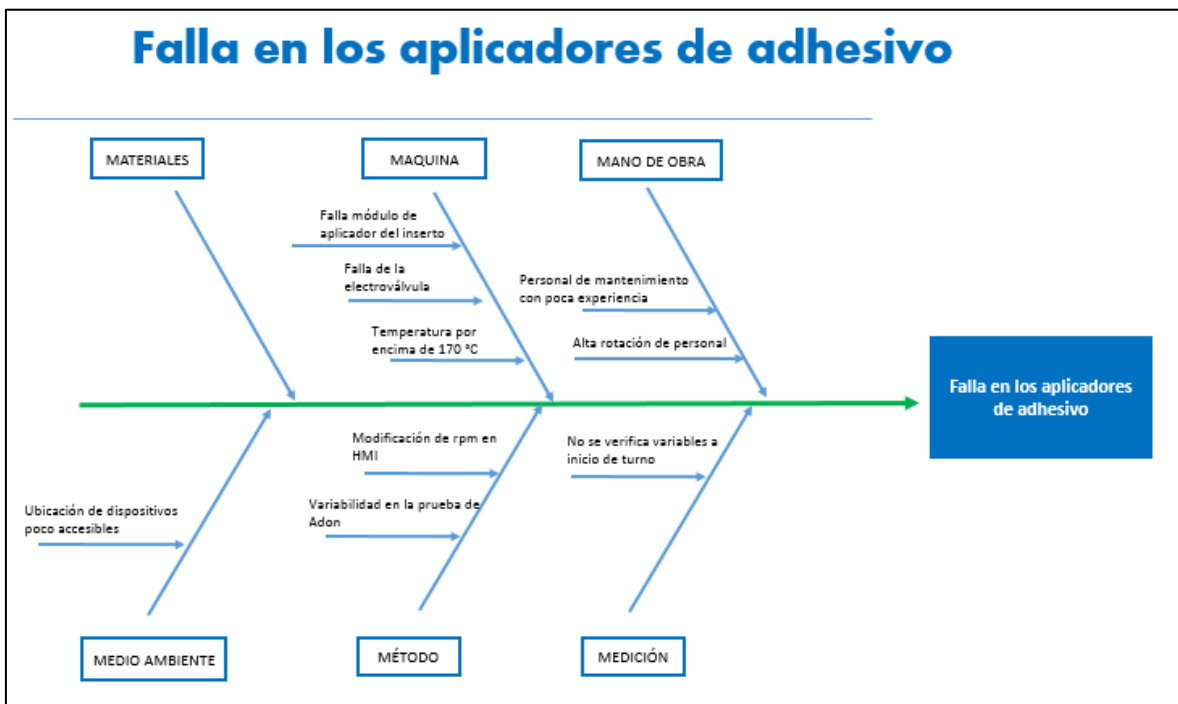
Fuente: diseño del autor

Anexo 6: Ishikawa – Falla en los dispositivos de corte



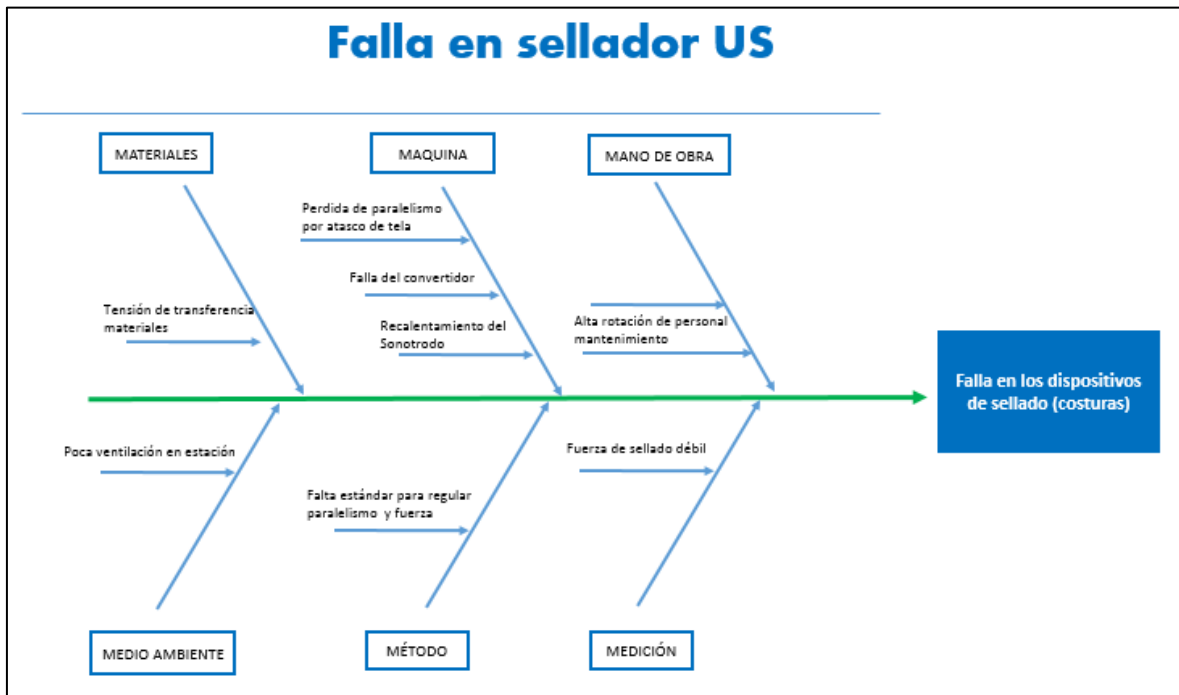
Fuente: diseño del autor

Anexo 7. Ishikawa - Falla en los aplicadores de adhesivos



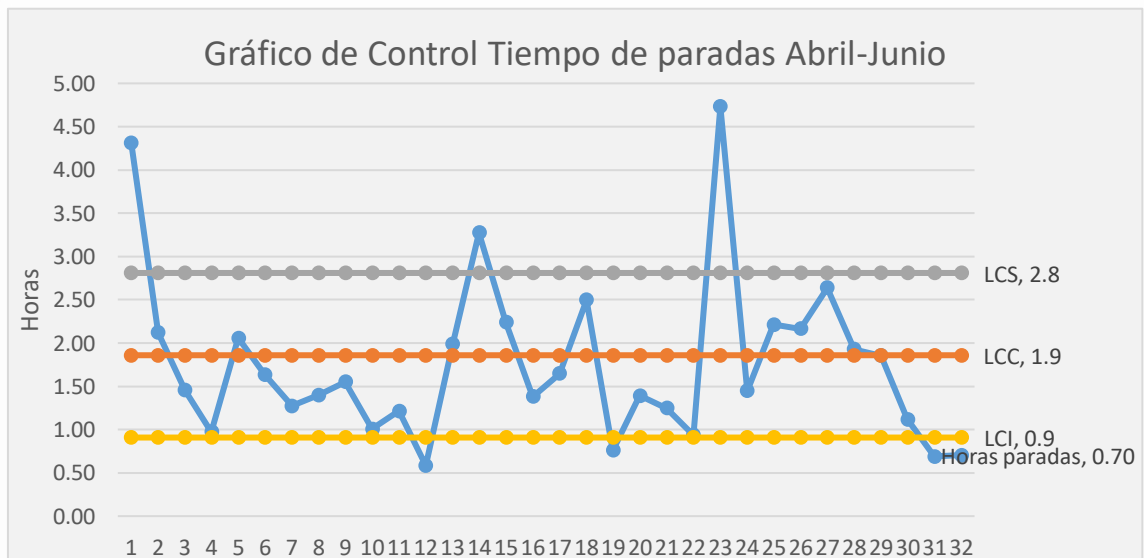
Fuente: diseño del autor

Anexo 8. Ishikawa - Falla en el sellador US



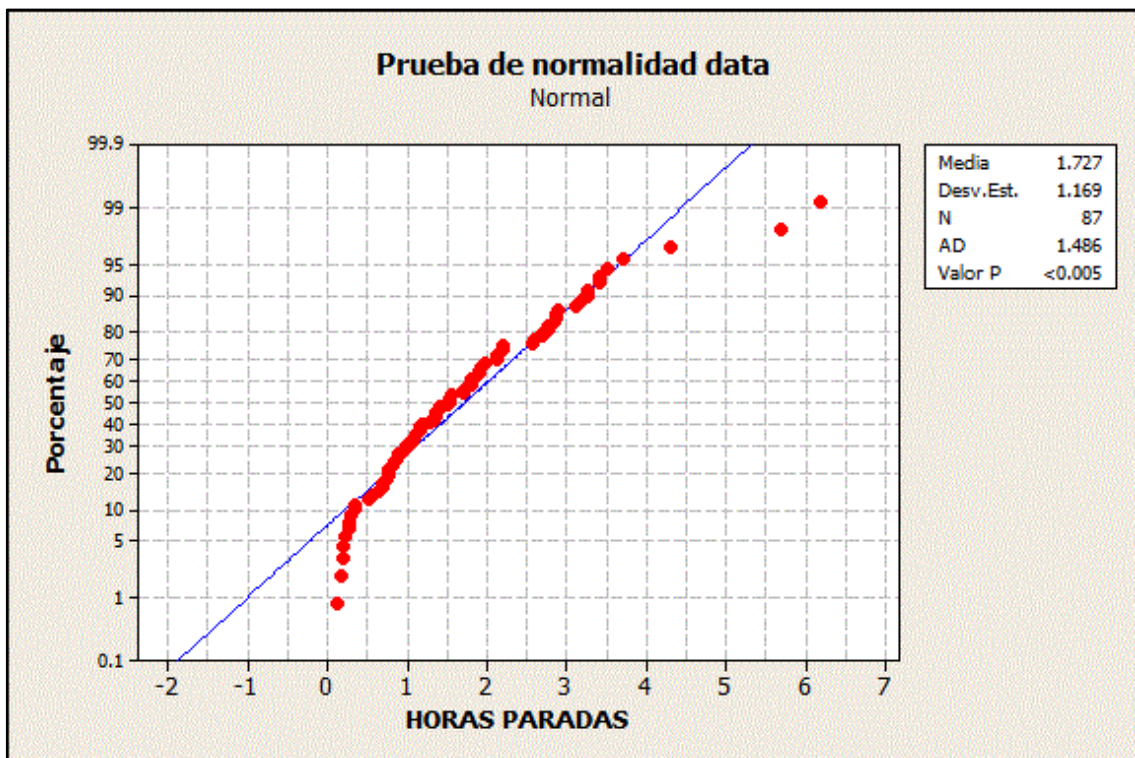
Fuente: diseño del autor

Anexo 9. Gráfico de Control de Horas de parada



Fuente: diseño del autor

Anexo 10. Prueba de normalidad Horas paradas



Fuente: diseño del autor

Yo, **AÑAZCO ESCOBAR, DIXON**, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de **ING. INDUSTRIAL** de la Universidad César Vallejo sede Ate, revisor de la tesis titulada:

APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MÁQUINA DE PANTS ADULTO, ATE 2019


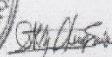



de la estudiante **LLANOS LLANOS, JESUS MANUEL**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **(14%)** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

La suscrita analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Ate, 04 de Julio del 2019



 Firma
MGTR. AÑAZCO ESCOBAR, DIXON
 DNI:08124462

					
Elabora	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Aprobó	Vicedirectorado de Investigación

Feedback Studio - Google Chrome
 ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=38&lang=es&u=1050105703&oc=1173052240

feedback studio JESÚS MANUEL LLANOS LLANOS APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MÁQUINA... /0

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Aplicación de Lean Six Sigma para Mejorar la Eficiencia de máquinas de Paño
 alba, Ato 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
 INDUSTRIAL

AUTOR:
 Jhuan Manuel Llanos Llanos (0900 0005 5769 3845)

ASESOR:
 Dr. Jhuan Carlos Alvarado Luciver 9099-9910-2224-1262

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
 Gestión Empresarial y Producción

Trujillo - Perú
 2019


Resumen de coincidencias

14 %

1	Entregado a Universida... <small>Título del estudiante</small>	4 %
2	repositorio.ucv.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	2 %
3	tesis.pucp.edu.pe <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
4	www.scribd.com <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
5	es.wikipedia.org <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
6	docplayer.es <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
7	prezi.com <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
8	www.monografias.com <small>Fuente de Internet</small>	<1 %
9	Entregado a Universida... <small>Título del estudiante</small>	<1 %
10	estandares-calidad504... <small>Fuente de Internet</small>	<1 %

Página: 1 de 82 Número de palabras: 17257 Text-only Report High Resolution: Activado 18:40 25/09/2019



 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---	---


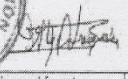
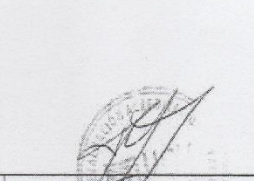

Yo **LLANOS LLANOS, JESUS MANUEL** identificado con DNI N° **09599142**, egresado(a) de la Carrera Profesional de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la Universidad César Vallejo, Autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: **APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MÁQUINA DE PANTS ADULTO, ATE 2019**

En el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:



.....
LLANOS LLANOS, JESUS MANUEL
 DNI : **09599142**
 Fecha : **07 de noviembre del 2019**

				
Elaboro	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable del SGC	Vicerectorado de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE:

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

LLANOS LLANOS, JESUS MANUEL

TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:

APLICACIÓN DE LEAN SIX SIGMA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE MÁQUINA DE PANTS ADULTO, ATE 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

SUSTENTADO EN FECHA: 04 DE JULIO DEL 2019

NOTA O MENCIÓN: 12



[Handwritten Signature]

R. ANAZCO ESCOBAR, DIXON