



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE LA HERRAMIENTA SIX SIGMA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL ÁREA DE MECANIZADO EN LA EMPRESA FUSIÓN MECÁNICA INDUSTRIAL SAC, 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniera Industrial

AUTOR:

FLORES GOMERO, JUDITH ESMERALDA

ASESOR:

MBA JAIME MOLINA VÍLCHEZ

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

LIMA-PERÚ

2017

Generalidades

Título

“Implementación de la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.”

Autor

Flores Gomero, Judith Esmeralda

Asesor

MBA Jaime Molina Vílchez

Línea de investigación

Sistema de Gestión de la Calidad

Tipo de investigación

Aplicada-cuantitativa

Localidad

Distrito de Ancón, Departamento de Lima.

Duración de investigación

La duración del proyecto es de 10 meses

Inicio del trabajo: marzo 2017

Fin del trabajo: diciembre 2017

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi familia. Me llena un especial sentimiento de gratitud a mis amados padres, Lourdes Margarita Gomero Blas y Julio Manuel Flores Palma cuales palabras de aliento en espíritu de tenacidad permitieron que desarrolle este trabajo sin desertar. Ustedes fueron mi soporte durante este proceso.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por haberme guiado y acompañado durante el proceso de mi formación universitaria, por ser mi fortaleza cuando he sentido desfallecer y brindarme una vida de felicidad

Agradezco a mis padres por brindarme su apoyo en todo momento, brindarme los valores y enseñanzas con las que han formado en mí una persona de bien; otorgarme la oportunidad de tener una educación de calidad durante mi vida. Y en total, por brindarme su amor incondicional.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Flores Gomero Judith Esmeralda con DNI N° 71982826, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 16 de diciembre del 2017

FLORES GOMERO, JUDITH ESMERALDA

PRESENTACIÓN

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

Señores miembros del Jurado: En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Implementación de la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Industrial

La Autora

Judith Esmeralda Flores Gomero

RESUMEN

En esta tesis titulada “Implementación de la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial SAC 2017”, se ha investigado diferentes teorías sobre la calidad, Six Sigma y de cómo establecer objetivos para tomar acciones teniendo una visión a largo plazo en la empresa metalmecánica encargada de la formación de piezas de metal. Está elaborada con el único propósito de determinar de qué manera la herramienta Six Sigma puede mejorar la calidad del área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial.

Palabras Clave: Six Sigma. Calidad, Mecanizado, Metalmecánica

ABSTRACT

In this thesis Applying the Six Sigma tool to improve the quality of machining area in Fusion Mecanica Industrial Company ,2017”, it has investigated various theories about quality, Six Sigma and how setting targets for action taking a large- term metalworking company which has the purpose of produce metal pieces. It is made with the sole purpose of determining how Six Sigma tool can improve the quality of the machining area in Fusion Mecanica Industrial Company.

Key words: Six Sigma, Quality, Machining, Metalworking.

ÍNDICE

GENERALIDADES

Autor	2
Asesor	2
Tipo de investigación	2
Localidad	2
Duración de investigación	2

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática	16
1.2 Trabajos previos	22
1.3 Teorías relacionadas al tema	27
1.3.1 Calidad	27
1.3.2 Estadística Básica	31
1.3.3 SIX SIGMA	38
1.4. Formulación del problema	47
1.6.1 Problema general	47
1.6.2 Problema específico	47
1.5 Justificación del estudio	48
1.6 Hipótesis	49
1.8.1 Hipótesis general	49
1.8.2 Hipótesis específica	49

1.7 Objetivos	49
1.9.1 Objetivos general	49
1.9.2 Objetivos específicos	49
II. MÉTODO	52
2.1 Diseño de investigación	53
2.2 Variables, operacionalización	53
2.3 Población y muestra	57
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	57
2.5 Métodos de Análisis de datos	60
2.6 Aspectos éticos	61
2.7 Desarrollo de la propuesta	62
2.7.1 Situación Actual de la empresa	62
2.7.2 Propuesta de Mejora	66
2.7.3 Implementación de la mejora	68
2.7.4 Análisis costo – beneficio	87
III. RESULTADOS	91
3.1 Análisis descriptivo	92
3.2 Análisis Inferencial	100
IV. DISCUSION	108
V. CONCLUSIONES	110
VI. RECOMENDACIONES	111
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Calidad en Sigmas	40
Tabla N° 02: Interpretación valores del Cp	43
Tabla N° 03: Matriz de coherencia	51
Tabla N° 04: Requerimiento del producto	70
Tabla N° 05: Project Charter	71
Tabla N° 06: Base de datos	72
Tabla N° 07: Base de datos R&R	73
Tabla N° 08: Interpretación de R&R	75
Tabla N° 09: Ficha índice R&R	75
Tabla N° 10: Capacidad del proceso	76
Tabla N° 11: Descripción de las piezas del torno	83
Tabla N° 12: Mantenimiento de las piezas de torno	84
Tabla N° 13: Codificación de la maquinaria	85
Tabla N° 14: Inversión Anual	89
Tabla N° 15: Flujo Neto del proyecto	89
Tabla N° 16: Análisis descriptivo - Cumplimiento de requerimientos	92
Tabla N° 17: Frecuencia Requerimiento Antes	93
Tabla N° 18: Frecuencia Requerimiento Después	94
Tabla N° 19: Frecuencia Capacidad de proceso	96

Tabla N° 20: Capacidad de proceso – antes	97
Tabla N° 21: Capacidad de proceso – después	98
Tabla N° 22: Rendimiento del proceso	98
Tabla N° 23: Frecuencia Rendimiento del proceso – antes	99
Tabla N° 24: Frecuencia Rendimiento del proceso – después	100
Tabla N° 25: Prueba de normalidad – Calidad	101
Tabla N° 26: Estadística de muestras emparejadas	102
Tabla N° 27: Prueba de muestras emparejadas	102
Tabla N° 28: Prueba de normalidad - Capacidad de proceso	103
Tabla N° 29: Estadísticos descriptivos - capacidad de proceso	104
Tabla N° 30: Prueba de normalidad - Rendimiento del proceso	105
Tabla N° 31: Estadísticas de muestras emparejadas - Rendimiento del proceso	106
Tabla N° 32: Prueba de muestras emparejadas - Rendimiento del proceso	107

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Grafico N° 04: Índice de Manufactura	19
Grafico N° 05: Ponderación de las principales Fallas	20
Grafico N° 06: Diagrama de Ishikawa	21
Grafico N° 07: Diagrama de Pareto	21
Grafico N° 08: Proceso	28
Grafico N° 09: Gestión basada en procesos	29
Grafico N° 10: Ciclo PHCA	30
Grafico N° 11: Caracterización de procesos	31
Gráfico N° 12: Muestreo aleatorio estratificado	32
Gráfico N° 13: Muestreo por conglomerados	33
Gráfico N° 14: Muestreo sistemático	33
Gráfico N° 15: Asimetría positiva	34
Gráfico N° 16: Asimetría negativa	35
Gráfico N° 17: Medidas de dispersión	35
Gráfico N° 18: Distribución normal	37
Gráfico N° 19: Grafico de caja	38
Gráfico N° 20: Calidad tres y seis sigma	39
Gráfico N° 21: Operacionalización DMAIC	44
Gráfico N° 22: Organigrama de la empresa	63
Gráfico N° 23: Diagrama de Operaciones	65
Gráfico N° 24: Diagrama de actividades del proceso	66

Gráfico N° 25: Diagrama de Flujo	67
Gráfico N° 26: Cronograma ejecución de la propuesta	68
Gráfico N° 27: Reporte de Medición	73
Gráfico N° 28: Capacidad del proceso 23-06	77
Gráfico N° 29: Capacidad del proceso 04-07	78
Gráfico N° 30: Capacidad del proceso 11-07	79
Gráfico N° 31: Capacidad del proceso 19-07	80
Gráfico N° 32: Ishikawa Área de mecanizado	81
Gráfico N° 33: Xbar-R después de la implementación	87
Gráfico N° 34: Componentes de variación R&R – antes	95
Gráfico N° 35: Componentes de variación R&R – después	95

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad Problemática

Internacional

En el año 2016, el acero en Latinoamérica presenta una variación de 12% del PBI en base al 2015. Esto se debe al gran aporte que presenta Brasil en este sector y teniendo en cuenta los problemas económicos que atraviesa el país. En consecuencia, a finales del 2016 se presentó una caída 14,4%. Por otro lado, las exportaciones chinas están tomando posición de gran parte del mercado internacional y las consecuencias de productores latinoamericanos se hacen notar.

En los países, Argentina representa el mayor porcentaje del valor bruto de producción de América Latina en el año 2015; mientras que Chile representó el mayor valor agregado manufacturero durante el 2012, 2013 y 2015.

AMÉRICA LATINA: PRODUCTO INTERNO BRUTO PER CÁPITA (US\$)						
LATIN AMERICA: GROSS DOMESTIC PRODUCT PER CAPITA (US\$)						
US\$ - precios constantes 2005 / US\$ constant prices 2005						
País / Country	2012	2013	2014	2015	2016 ^(E)	Var. '16/'15
Argentina	14.562	14.740	12.774	13.589	10.051	-26%
Brasil / Brazil	12.344	12.260	11.921	8.670	7.447	-14%
Chile	15.199	15.713	14.517	13.341	12.938	-3%
Colombia	7.934	8.065	7.928	6.084	5.195	-15%
México / Mexico	9.721	10.197	10.351	9.009	8.415	-7%
Perú / Peru	6.325	6.529	6.457	6.021	5.513	-8%
Venezuela	11.235	7.813	8.218	7.745	5.908	-24%
Otros / Other	4.659	4.915	5.087	5.074	5.109	1%
América Latina / Latin America	9.903	9.897	9.680	8.160	7.198	-12%

Gráfico N° 01: Producto Interno Bruto Per Cápita

Fuente: Alacero

En las últimas décadas, América Latina ha enfrentado a dos retos importantes en su proceso de desarrollo económico: la irrupción de los

productos chinos al mercado global y los conflictos económicos-sociales de los países latinoamericanos.

La industria siderúrgica es un sector muy importante para el desarrollo económico y social de cada país. Por ello, existe una estrecha relación entre el consumo de acero aparente per cápita y el producto bruto interno per cápita.

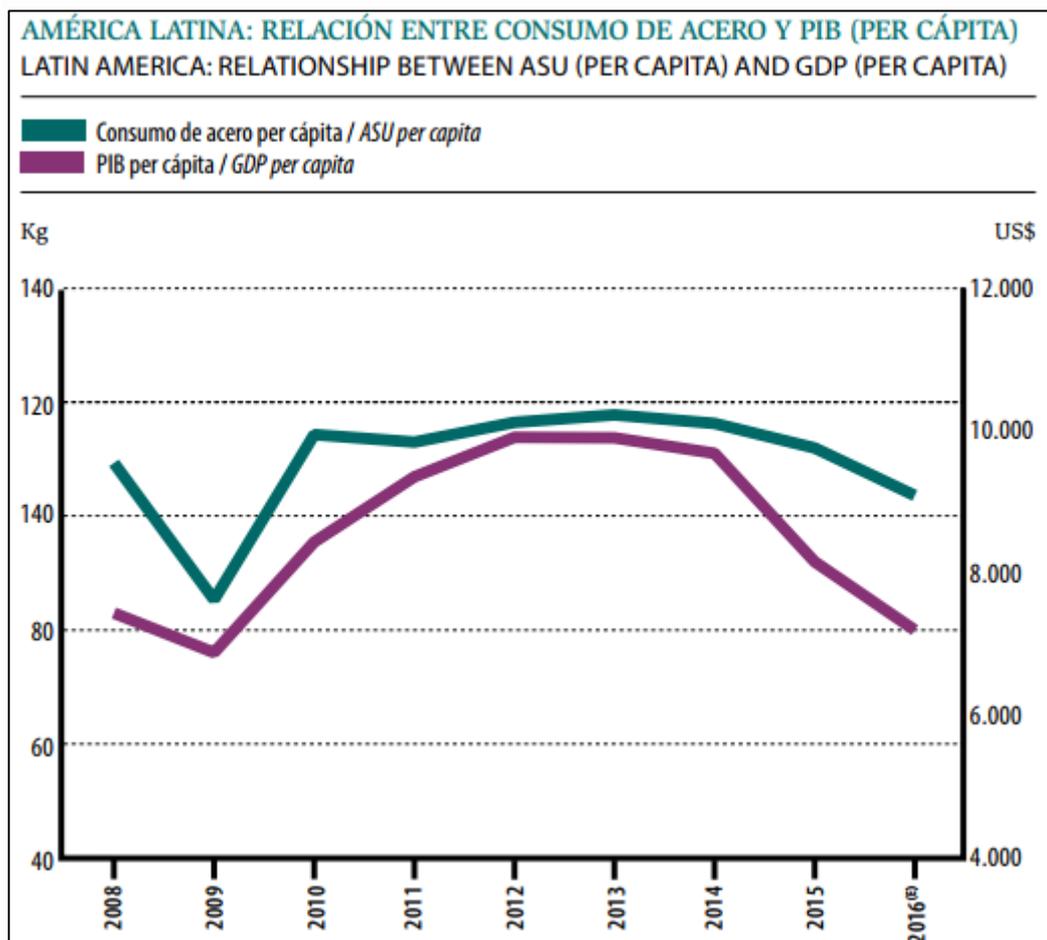


Grafico N° 02: Relación entre el consumo de acero y PBI (per cápita)

Fuente: Alacero

Por otro lado, el consumo aparente de acero laminado per cápita ha tenido una variación disminuyendo en 7%. Por países, en Venezuela es donde se ha encontrado mayor impacto la disminución (-37%) del consumo de acero laminado a raíz de los problemas político – económico en los que se enfrenta; en Argentina también se visualiza un panorama similar con una disminución del 19% del consumo de acero laminado; Perú es el que

presenta un panorama más gratificante ya que es el único en América Latina que presenta una variación en positivo en el año 2016 en base al año 2015.

AMÉRICA LATINA: CONSUMO APARENTE DE ACERO LAMINADO PER CÁPITA						
LATIN AMERICA: APPARENT STEEL USE PER CAPITA						
Kgs						
País / Country	2012	2013	2014	2015	2016 ^(E)	Var. '16'15
Argentina	116	119	117	121	99	-19%
Brasil / Brazil	131	137	124	102	87	-15%
Chile	173	154	147	155	147	-5%
Colombia	75	74	83	84	83	-1%
México / Mexico	171	163	186	194	195	0%
Perú / Peru	89	90	94	111	123	10%
Venezuela	100	95	67	60	38	-37%
Otros Latam /						
Other Latam	46	56	54	55	50	-9%
América Latina						
Latin America	116	118	116	112	104	-7%
Unión Europea (28)						
European Union (28)	280	282	296	304	306	1%
Estados Unidos/						
United States	306	302	335	299	293	-2%
Corea del Sur /						
South Korea	1.090	1.038	1.109	1.109	1.116	1%
Mundo / World*	207	218	217	208	206	-1%

Grafico N° 03: Consumo Aparente de Acero Laminado Per Cápita

Fuente: Alacero

Nacional

La economía peruana presenta un incremento del valor agregado bruto de 1.7% del índice de volumen físico respecto al mismo periodo del año anterior en las industrias manufactureras. Sin embargo, presenta una variación de -4,4% en industrias metales básicas. Mientras que, en la fabricación de productos metálicos se identifica la misma situación de variación en negativo (-2,4%).

Cuadro N° 11						
MANUFACTURA: VALOR AGREGADO BRUTO						
(Variación porcentual del índice de volumen físico respecto al mismo período del año anterior)						
Valores a precios constantes de 2007						
Actividades	2016/2015					2017/2016
	I Trim.	II Trim.	III Trim.	IV Trim.	Año	I Trim.
Manufactura	-2,8	-7,9	2,0	2,2	-1,6	1,7
Industria alimenticia	0,9	-22,9	13,7	6,5	-1,4	7,8
Industria textil y del cuero	-5,1	-7,2	-8,7	-3,9	-6,3	1,3
Industria de madera y muebles	1,0	-8,5	0,7	1,6	-1,1	-9,5
Industria del papel, impresión y reproducción de grabaciones	2,6	0,2	1,0	-1,2	0,7	-15,1
Industria química	-0,1	0,3	2,3	2,7	1,3	8,4
Fabricación de productos minerales no metálicos	-1,8	1,6	-2,0	-3,0	-1,4	-1,5
Industrias metálicas básicas	-3,8	0,2	2,7	-1,7	-0,7	-4,4
Fabricación de productos metálicos	-12,9	-1,5	-3,8	8,0	-2,4	-2,4
Otras Industrias manufactureras	-8,3	-13,9	-7,2	2,2	-6,8	19,5

Grafico N° 04: Índice de Manufactura

Fuente: INEI

Local

La empresa Fusión Mecánica Industrial es una empresa dedicada a la fabricación de piezas mecanizada y/o fundidas en aceros, fierros y aleaciones no ferrosas como el bronce y el aluminio. Esta empresa atiende los requerimientos de una serie de clientes tales como piezas para los sectores mineros, pesqueros, metalmecánicos, plásticos, textiles, papelera e industrias diversas.

Dentro de la realidad observada en la empresa se encontró varias fallas y carencias, cada uno con distintos niveles de prioridad, a continuación, se describe las principales: En el proceso de mecanizado, se encuentra el cuello de botella, ya que se percibe deficiencia del proceso en esta etapa tan primordial para toda empresa dedicada al rubro metalmecánica. Se aprecia un rendimiento en descenso de los equipos utilizados, considerándolo de vital importancia, siendo problema en potencia, aunque así no lo parezca, la producción no cumple con las especificaciones en su totalidad. El área presenta un ambiente de trabajo inadecuado, dando lugar al desorden y falta de limpieza de sus ambientes, la cual repercute en los trabajos realizados

aumentando los costos de fabricación y las mermas generadas. La materia prima se mezcla generalmente con los productos terminados, los cuales están ubicados en cualquier parte del área de fabricación, incluso sobre las máquinas lo que ocasiona que los operarios tengan que buscar entre este desorden lo que necesitan, ya sea materia prima, herramientas o productos terminados, perdiendo horas de trabajo. Por otro lado, uno de los problemas más importantes son los defectos en los productos de esta área lo que genera reproceso y en el que la empresa se ve obligada a despilfarrar los recursos que dispone, afectando de manera directa a los márgenes de ganancia de esta.

Esta investigación permite identificar cuáles son los aspectos que afectan la realización de las operaciones y calidad en los productos. Además, con las observaciones obtenidas en el estudio se pretende plantear un nuevo método de trabajo para corregir los defectos y, por último, establecer el impacto de las condiciones del ambiente de trabajo y su eventualidad en la eficiencia del trabajo a fin de mejorar el servicio brindado.

Ponderación								
Mano de obra	2			Medio ambiente	1			
Maquina	5			Metodo	3			
Materia prima	6			Medida	4			
Problemas	Días de Trabajo						Total	Ponderación
	1	2	3	4	5	6		
Mano de obra								
Desmotivación	X		X				2	4
Comunicación interna ineficiente	X	X			X		3	6
Maquina								
Perdida de la función	X			X	X		3	15
Mantenimiento inapropiado			X			X	2	10
Materia prima								
Escasa administración de inventario		X	X	X			3	18
Devolucion de los pedidos	X	X		X	X	X	5	30
Medio ambiente								
Residuos en el area de produccion	X			X	X		3	3
Metodo								
Procesos no estandarizados		X	X	X		X	4	12
Medida								
Sistema de medicion deficiente		X				X	2	8
Inspeccion discontinua de piezas	X	X	X	X	X	X	6	48

Gráfico N° 05: Ponderación de las principales Fallas

Fuente: Elaboración propia

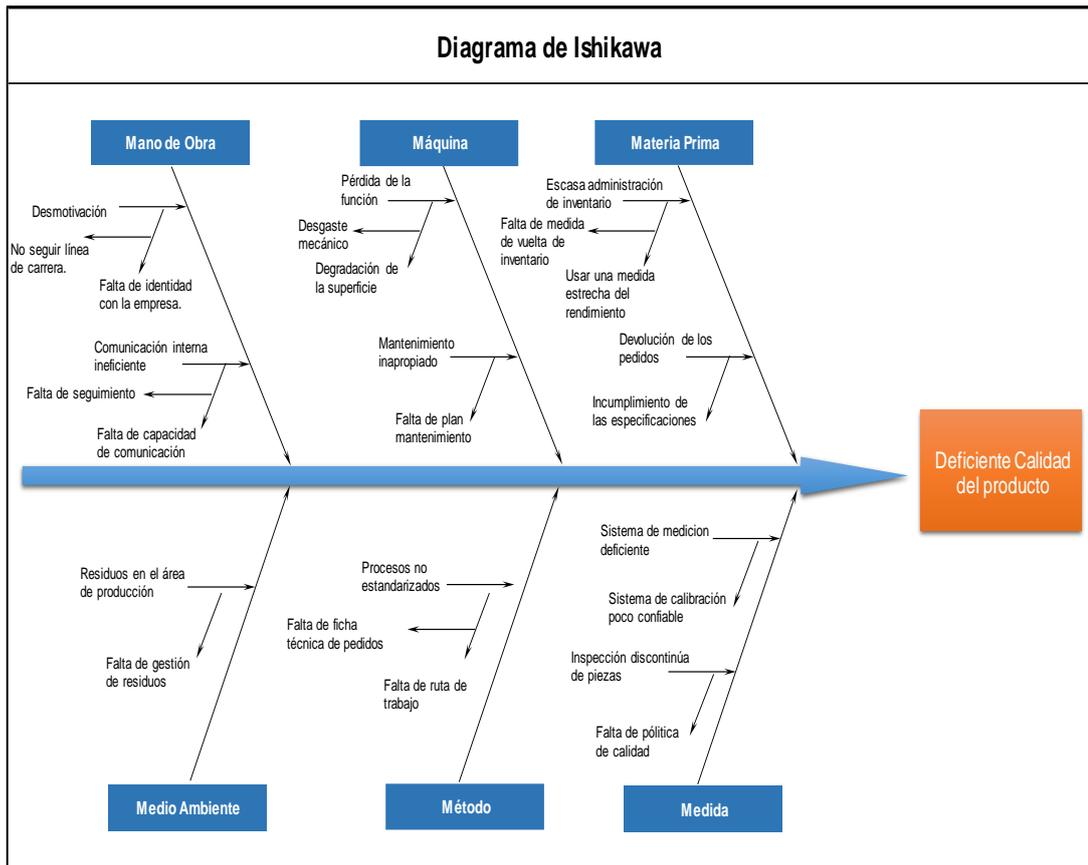


Gráfico N° 06: Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia

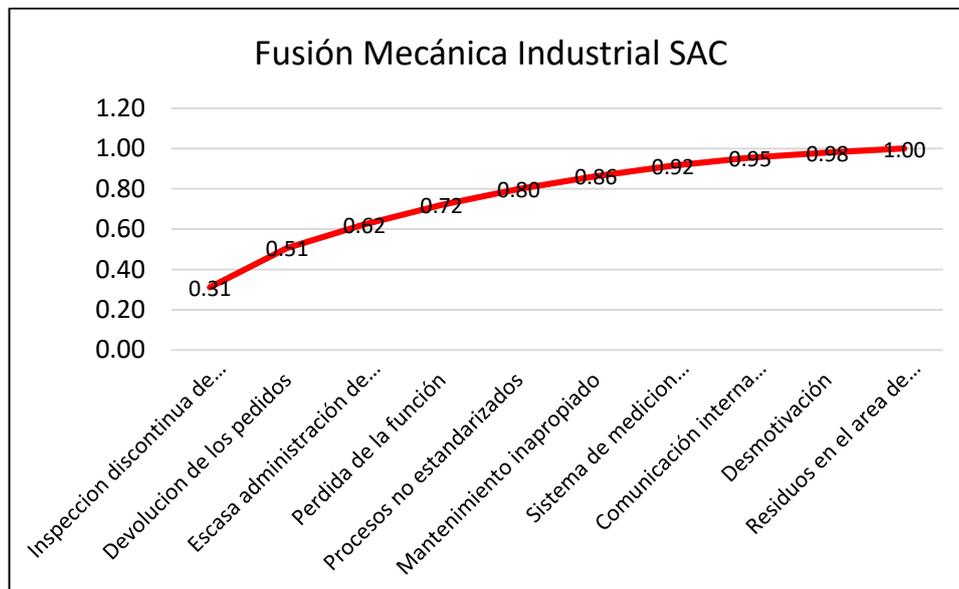


Gráfico N° 07: Diagrama de Pareto

Fuente: Elaboración propia

1.2 TRABAJOS PREVIOS

Trabajos Nacionales

SANCHEZ RUIZ, Eduardo Alonso. Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación en el Perú”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2005. Esta tesis se desarrolló siguiendo dos fases bien establecidas: la fase heurística (recolección de todo tipo de información respecto a Seis Sigma: libros, revistas, entrevistas personales con eruditos en el tema, y comunicación constante con consultoras nacionales e internacionales) y la fase hermenéutica (análisis de toda la información recogida). Como conclusión se determina que en el Perú sí es posible mejorar procesos clave dentro de las organizaciones y eliminar defectos sistemáticos, desapareciendo las variaciones que inciden negativamente en los procesos o servicios. Es decir, hay empresas aptas para la aplicación de la filosofía de gestión Seis Sigma.

BARAHONA Castillo, Leando y NAVARRO Infante, Jessica. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013. El trabajo presenta un planteamiento para la reducción de zinc aplicando la herramienta de mejora Lean Six Sigma. Se desarrollan las fases del DMAIC: definición, medición, análisis y mejora, utilizando herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma. La identificación del problema principal se desarrollará en la fase definición. En la fase de medición se señala la situación actual de los procesos mediante un mapa de flujo. La fase analizar será dividida entre análisis del proceso y análisis de datos. Finalmente, en la fase mejorar será desarrollada utilizando herramientas de mejora de Lean Manufacturing y Six Sigma. La evaluación económica de esta investigación demuestra los beneficios económicos alcanzados luego de realizarse la fase de mejora.

Esta investigación tiene como objetivo general: Reducir el alto consumo de zinc y disminuir las devoluciones de productos fuera de especificación y con defectos.

MORA CACHO, Cesar Nicolás. Propuesta de mejora de procesos de control de calidad en la fabricación de tubos de acero estructurales en una empresa metalmeccánica. Proyecto Profesional: Para optar el título de: Ingeniero Industrial. Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2013. El presente trabajo utiliza la herramienta Six Sigma para realizar una mejorar los procesos en la fabricación de acero. Se realiza un análisis y diagnóstico del problema dentro de la empresa identificando como principal problema el elevado porcentaje de producto defectuosos y el impacto económico que este desarrolla. Utiliza como propuesta de mejora el diseño de 5s bajo el método Lean y en Six Sigma utiliza control estadístico de procesos aplicado a materia prima y producto defectuoso y carta de control. Entre una de sus conclusiones: Dentro de las empresas la identificación y la estructura de resolución de problemas debe realizarse y revisarse constantemente. Para ello, existen técnicas y herramientas que son útiles para el análisis, diagnóstico, implantación y seguimiento. Si no existe una constante actualización de cuales son aquellas que nos sirven de más ayuda la empresa comenzara a perder competitividad frente a otras que si las utilizan con destreza.

REINOSOSO VASQUEZ, George. Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six sigma. Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de operaciones. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, 2016. La tesis se enfoca en desarrollar una propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six Sigma desde el punto de vista de un sistema de mejora. Las expectativas de los clientes y el nivel de exigencia respecto a la calidad de los productos son cada vez mayores, esto obliga a las empresas busquen aumentar el valor percibido de sus productos como un elemento diferenciador y a la vez orienten sus esfuerzos a la reducción de sus costos de producción en base a la eficacia y eficiencia de sus procesos productivos, reduciendo o eliminando todo aquello que no genere

valor al proceso. Finalmente se presenta un análisis costo beneficio de la implementación de las propuestas de mejoras y se demuestra la efectividad en la mejora obtenida para la organización.

Tiene como objetivo general aplicar la metodología Six Sigma como herramienta para la reducción de neumáticos nuevos defectuosos enviados hacia el cliente, la cual origine una reducción de costos de no calidad y mejora de la satisfacción del cliente.

MOSCOSO CHAPARRO, Jesus Elias Martin y YALAN REYES, Adair Jeremy. Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando six sigma. Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2015. El presente trabajo se desarrolló con el propósito de determinar las diferentes metodologías y herramientas necesarias para minimizar los productos defectuosos e incrementar la satisfacción del cliente. El mencionado proyecto se realizó en la empresa “Industrias Plásticas Marplast S.A.C.” la cual cuenta con una gran experiencia en el mercado y líneas de producción con maquinarias de alta tecnología. Finalmente, se concluye que el proyecto es viable financieramente y los productos defectuosos se redujeron de manera circunstancial gracias a las implementaciones realizadas que se obtuvieron posteriormente de los análisis estadísticos.

Esta tesis tiene como objetivo evaluar y mejorar la calidad de los procesos en la empresa Marplast S.A. utilizando Six Sigma

Trabajos Internacionales

VARAS Acuña, Cristian Antonio. Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate”. Memoria para optar al título de ingeniero en alimentos. Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2010. Se utilizó la metodología DMAIC (Definir, medir, analizar, implementar y controlar) para reducir las pérdidas y mejorar los procesos involucrados en las etapas de fabricación de chocolate, a nivel de ingeniería, producción y calidad.

Siguiendo la metodología DMAIC se creó un equipo multidisciplinario de trabajo. Se identificaron las causas potenciales de pérdidas en cada etapa del proceso de fabricación, se priorizaron y se asignaron responsables para su implementación. La capacidad del proceso se midió mediante el uso de herramientas estadísticas, obteniendo un Sigma inicial de 1,83, y luego de implementar las mejoras el Sigma final fue de 3,87. Se crearon planillas para mantener bajo control las mejoras implementadas.

Tiene como objetivo implementar la metodología DMAIC para proyectos de mejora en las etapas de fabricación de chocolates.

VAZQUEZ CERVANTES, Jaime Ignacio. Filosofía 6- sigma una metodología para mejorar la calidad de productos y servicios en el sector productivo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Robótica Industrial. México. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, 2010. Este trabajo muestra los conceptos /herramienta del seguimiento a la metodología Seis Sigma con aplicación del modelo DMAIC que significa en sus siglas en inglés Define, Measure, Analyze and Control, así como un ejemplo simplificado de un Proyecto realizado en la industria automotriz ayudando a tener un estudio detallado del comportamiento del proceso y obtener el costo/beneficio en la automatización de dicho proceso.

PORTILLO ECHEGOYEN, Ruddy Abel y QUINTANILLA RODRIGUEZ, Alcir Gustavo. Propuesta de aplicación de la filosofía Seis Sigma a las empresas certificadas con ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plásticos. Trabajo de graduación para optar al grado de ingeniero industrial. El Salvador. Universidad Don Bosco, Escuela de Ingeniería Industrial, 2004. La tesis está dividida en tres capítulos. En la primera, se hace referencia a un marco teórico-conceptual en el cual se describen las herramientas expuestas como lo son: ISO 9000; que refiere las normas, antecedentes y evolución de la familia ISO, así como los conceptos, vocabulario y requisitos de la norma ISO 9001: 2000. En la segunda, se realiza la metodología general del estudio, en la cual consiste en una metodología del estudio, metodología de análisis y una metodología de

diseño. Finalmente, contiene la propuesta de implementación del diseño del mapa de la filosofía Seis Sigma, el cual permite conocer las causas que originan los problemas descritos en los diagramas de Ishikawa.

Tiene como objetivo desarrollar una propuesta de Aplicación de la Filosofía Seis Sigma, a una empresa orientada al procesamiento de plásticos y Certificada con ISO 9000.

CASTILLO CASTILLO, Saúl. Gestión de la calidad total con enfoque en la metodología Seis Sigma. Caso de aplicación de herramientas operativas a empresas de fabricación de dispositivos médicos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, 2008. El presente trabajo manifiesta la mejora continua de la calidad de un producto fabricado por una empresa de dispositivos médicos. Fundamenta en incrementar la satisfacción de las necesidades y expectativas de clientes, empleados, propietarios, proveedores y Sociedad, con el objetivo de lograr ventaja competitiva de manera eficiente, además de obtener, mantener y mejorar el desempeño global de la organización y sus capacidades.

Dentro de los objetivos se encuentra el demostrar que la Mejora Continua de la calidad representa un beneficio para la empresa, incluso en las condiciones de severa vigilancia por parte de las autoridades, en la tesis, Secretaría de Salud.

MOREANO SANTOS, Annabel Leonor. "Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de Producción de Queso Fresco". Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera de Alimentos. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2009. Este trabajo consiste en una guía para la implementación de la metodología Seis Sigma en un proceso de producción de quesos, en este caso se enfocó el estudio en una planta procesadora de queso fresco, con la finalidad de mejorar la calidad del producto, reducir los costos innecesarios provocados por las fallas de proceso, incrementar los beneficios para la empresa y consolidar el trabajo en equipo de sus empleados. La

ejecución de este proyecto logro un mayor control del proceso y consolido el trabajo en equipo porque existió la participación de todos los integrantes de la sección de producción de quesos y de los principales representantes de la empresa.

1.3 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 CALIDAD

1.3.1.1 Definición

El termino Calidad tiene relación directa con un producto o servicio en específico. Sin embargo, no hay una definición exacta para el término, ya que no siempre tiene relación con lo excepcional de aquellos ítems. Por otro lado; la calidad puede manifestarse como aquella que cumple con las especificaciones otorgadas, siendo esta una de las primeras definiciones aceptadas, pero sin completar ya que es necesario añadirle partes esenciales: a) requisitos deben tener mayor referencia de los necesario para el cliente y no bajo la opinión de la empresa, b) los clientes no tienen conocimiento suficiente sobre las especificaciones del producto o servicio y c) factor humano (Tarí, 2000, p. 22)

1.3.1.3 Proceso

Se le considera al proceso como un conjunto de actividades correlativamente relacionadas que para proporcionar un resultado previsto utiliza entradas. (ISO 9000: 2015, 2015, p.16).

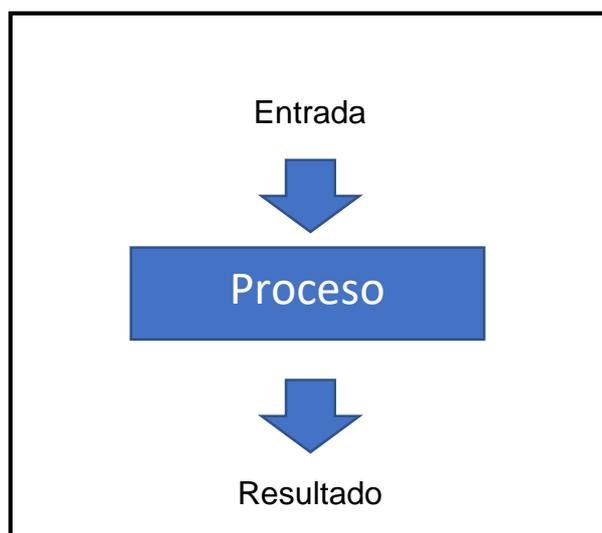


Grafico N° 08: Proceso

Fuente: Elaboración propia

Según el Ministerio de Fomento de España (2005) se considera proceso:

Cualquier actividad, o conjunto de actividades ligadas entre sí, que utiliza recursos y controles para transformar elementos de entrada (especificaciones, recursos, información, servicios,) en resultados (otras informaciones, servicios,) [...] (p.6)

1.3.1.4 Gestión basada en procesos

Se le denomina enfoque basado en procesos a la aplicación de un sistema de procesos en una organización, incluyendo el reconocimiento y relación de los procesos, así como la administración en la producción de un resultado esperado (ISO:18001:2008,2008,p.vi).

Se promoverá realizar una adopción de gestión basada en procesos cuando la empresa desee mejorar su sistema de gestión de calidad, teniendo la finalidad de incrementar la satisfacción del cliente a través del cumplimiento de sus requisitos(ISO:18001:2008,2008,p.vi).

El modelo de un Sistema basado en procesos que se muestra en la figura N°7 representa la relación entre los procesos. Por otro lado, se visualiza

la gran importancia de los clientes ya que definen los requisitos del producto y la entrada del proceso. Además, el cliente será parte importante para obtener la información de evaluación de satisfacción, base de la metodología.

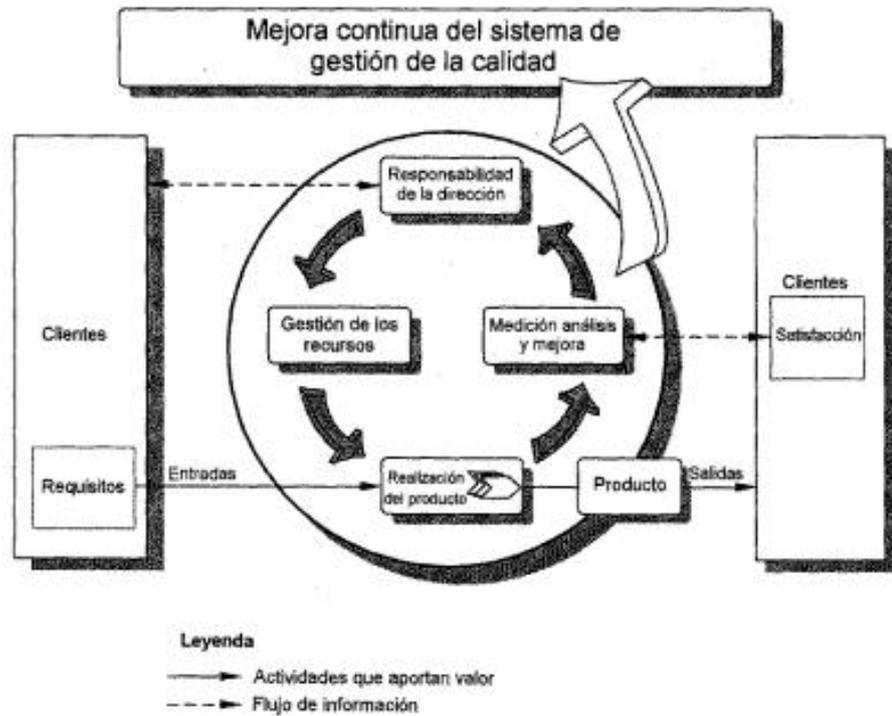


Grafico N° 09: Gestión Basada en procesos

Fuente: 9001:2008

Además, a los procesos de este Sistema puede aplicársele la metodología PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar)

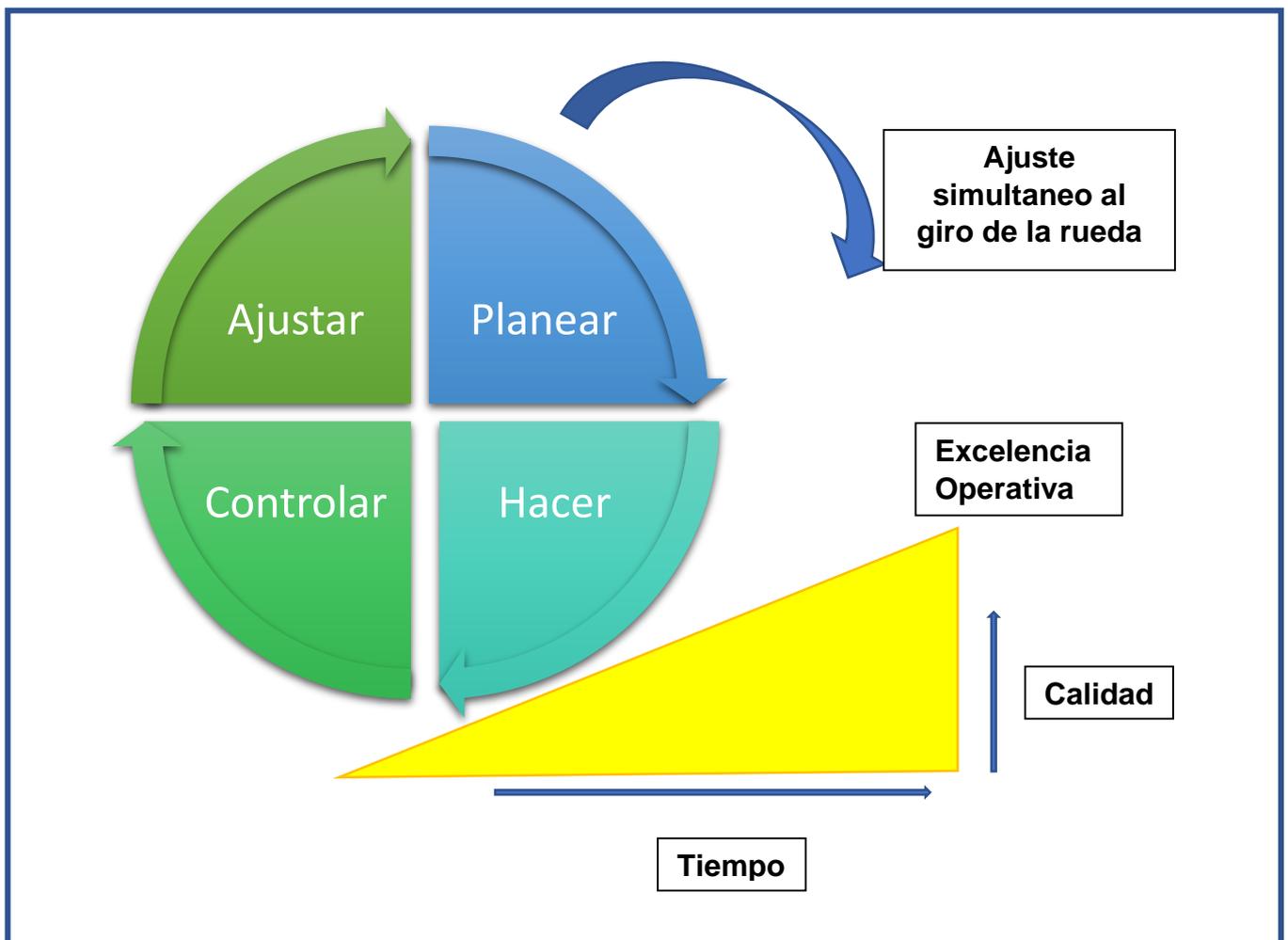


Grafico N° 10: Ciclo PHCA

Fuente: 9001:2008

El Sistema de gestión de calidad necesita diseño y análisis de los procesos administrativos, para ello serán necesario utilizar diagramas que constan de símbolos que ayudaran en su mejora continua.

- **Ficha de caracterización de procesos**

Esta herramienta de planificación de calidad será necesaria para identificar y describir los procesos de la organización. así como los clientes internos y externos de la empresa y necesidades.

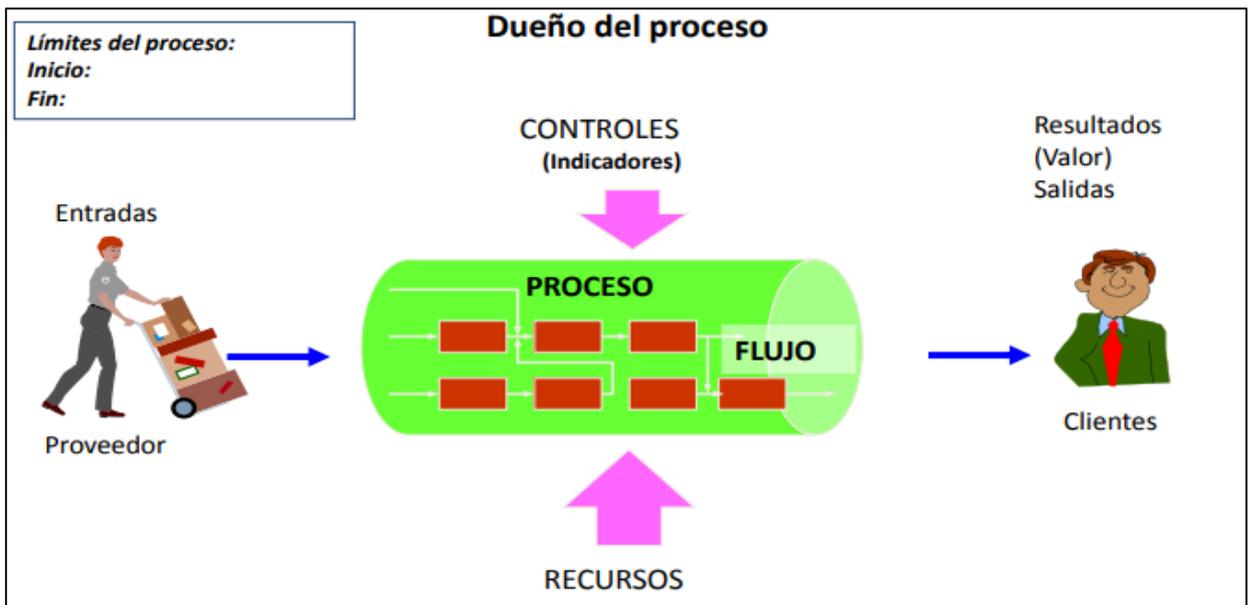


Gráfico N° 11: Caracterización de procesos

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

1.3.2 Estadística Básica

Es un grupo de técnicas y métodos empleados reunidos, organizados y representados mediante tabulación (tablas), gráficos, medidas de tendencia central y medidas de dispersión con información numérica.

1.3.2.1 Población y muestra

- **Población**

“Es cualquier conjunto de unidades o elemento claramente definido, en el espacio y el tiempo, donde los elementos pueden ser persona, granjas, hogares, manzanas, condados, escuelas, hospitales, empresas, y cualquier otro. Las poblaciones pueden ser finitas o infinitas” (INEI,2006, p.51)

- **Muestra**

“Es un subconjunto representativo de la población a partir del cual se pretende realizar inferencia respecto a la población de donde procede. [...] La muestra puede ser probabilística y no probabilística” (INEI,2006, p.46).

1.3.2.2 Principios de muestreo

- **Aleatorio Simple**

Es un método de muestreo en el que la muestra se selecciona individualmente en forma aleatoria. Es utilizada cuando los datos son homogéneos (INEI,2006, p.47).

- **Aleatorio Estratificado**

Es un método de muestreo en el que la población se divide en grupos llamados estratos, siendo los datos homogéneos pero los estratos diferentes entre sí. La muestra que se extraerá será de cada estrato en forma aleatoria simple y utilizando asignación proporcional (INEI,2006, p.47).

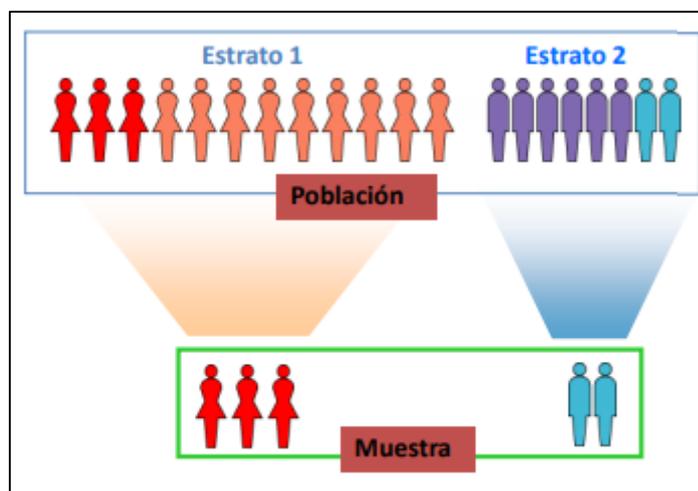


Grafico N° 12: Muestreo Aleatorio estratificado

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

- **Por Conglomerados**

Es un método de muestreo en el que la población se encuentra en grupos debido a conglomerados (organización administrativa). La muestra es seleccionada mediante muestreo aleatorio simple. Sin embargo, no necesariamente se encontrará homogeneidad en los datos (INEI,2006, p.47).



Gráfico N° 13: Muestreo por conglomerados

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

- **Sistemático**

Es un método de muestreo aplicado en una población listada en un determinado orden. La muestra será tomada mediante la elección de un número aleatorio al azar y a partir de este se seleccionan de k en k los elementos siguientes ($K = N/n$) (INEI, 2006, p.47).

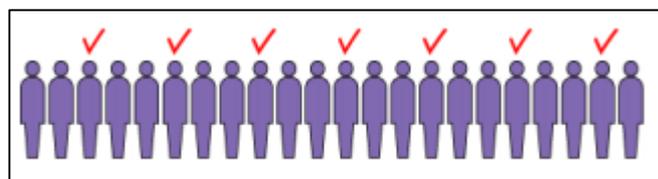


Gráfico N° 14: Muestreo sistemático

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

1.3.2.3 Medidas de tendencia Central

Son aquellas que se refieren al punto medio en una distribución. Las medidas de tendencia central más utilizadas son media aritmética, mediana y moda.

- **Media**

“Es una medida de tendencia central que denota el promedio de un conjunto de datos. Se calcula dividiendo la suma del conjunto de datos entre el total de ellos. Simbólicamente se representa por \bar{X} ” (INEI,2006, p.42).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{N}$$

- **Mediana**

“Es una medida de tendencia central. Es el valor que divide al conjunto de datos ordenados, en aproximadamente dos partes: 50% de valores son inferiores y otro 50% son superiores [...]” (INEI,2006, p.43).

- **Moda**

“Es una medida de tendencia central es el valor de la variable que tiene mayor frecuencia absoluta, la que más se repite es la única medida de centralización que tiene sentido estudiar en una variable cualitativa, pues no precisa la realización de ningún calculo [...]” (INEI,2006, p.45).

1.3.2.4 Medida de tendencia central

- **Asimetría**

“Es la falta de simetría entre los datos de una distribución. El concepto de asimetría se refiere a si la curva que forman los valores de la serie presenta la misma forma a la izquierda y derecha de un valor central” (INEI,2006, p.6).

a) Asimetría positiva

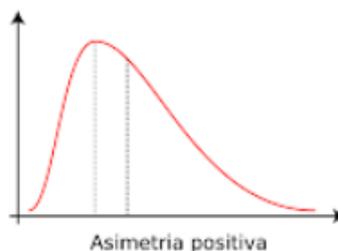


Gráfico N° 15: Asimetría positiva

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

b) Asimetría negativa

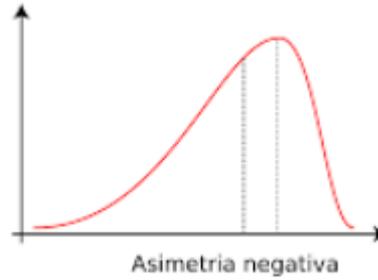


Gráfico N° 16: Asimetría negativa

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

1.3.2.4.1 Medidas de dispersión

Son aquellas medidas que muestran la representatividad de las medidas de tendencia central, si hay mayor dispersión la dispersión disminuye. Entre ellas se encuentran: desviación media, varianza, coeficiente de variación, desviación típica, etc. (INEI,2006, p.44).

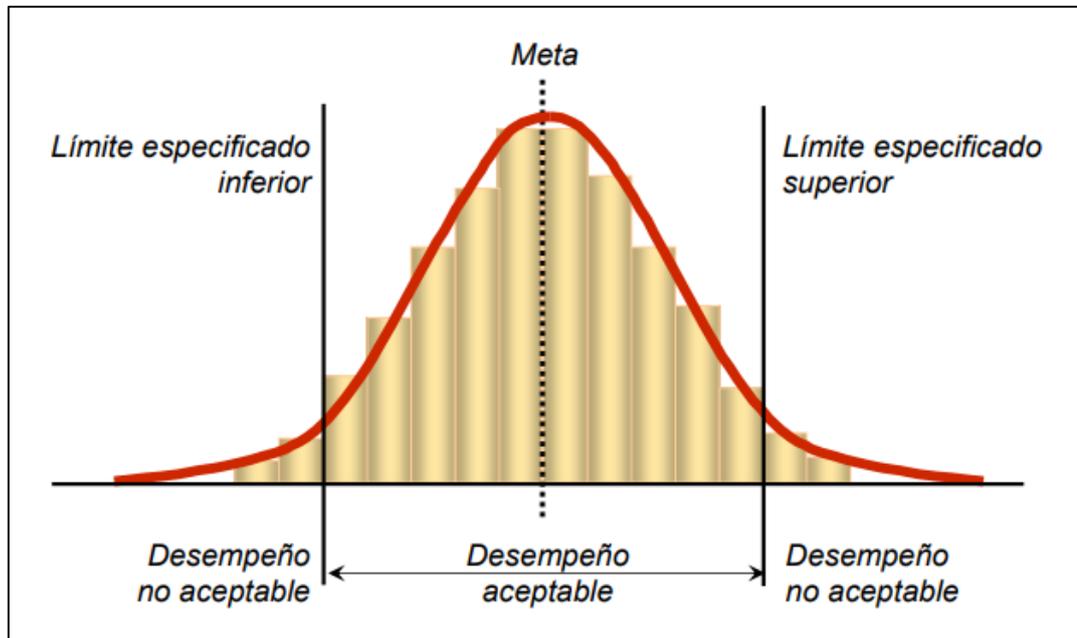


Gráfico N° 17: Medidas de dispersión

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

a) Rango

Es aquella que mide la amplitud de los valores de un conjunto de datos calculándose por diferencia del mayor y menor valor.

$$R = X_{\text{mayor}} - X_{\text{menor}}$$

b) Desviación Estándar (S)

Es la distancia promedio de dispersión de los datos en base a la media

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 n_i}{n}}$$

Datos agrupados

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

Datos simple

c) Varianza (S²)

Se obtiene mediante el promedio de los cuadrados de la desviación estándar, también conocida como variancia.

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{N}$$

Datos simple

$$S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{X})^2 \cdot n_i}{N}$$

Datos agrupados

d) Coeficiente de variación

Es aquella que nos permite presenta la mayor dispersión entre dos muestra, se obtiene mediante la división de la desviación típica entre la media aritmética.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

1.3.2.4.2 Distribución Normal

También conocida como la distribución de Gauss, es la distribución de probabilidad de mayor uso en estadística y teoría de probabilidad debido a dos razones: su función de densidad es simétrica y posee forma de campana favoreciendo su aplicación a múltiples variables, y relaciona su resultado a la teoría de probabilidades por sus propiedades matemáticas (INEI,2006, p.45).

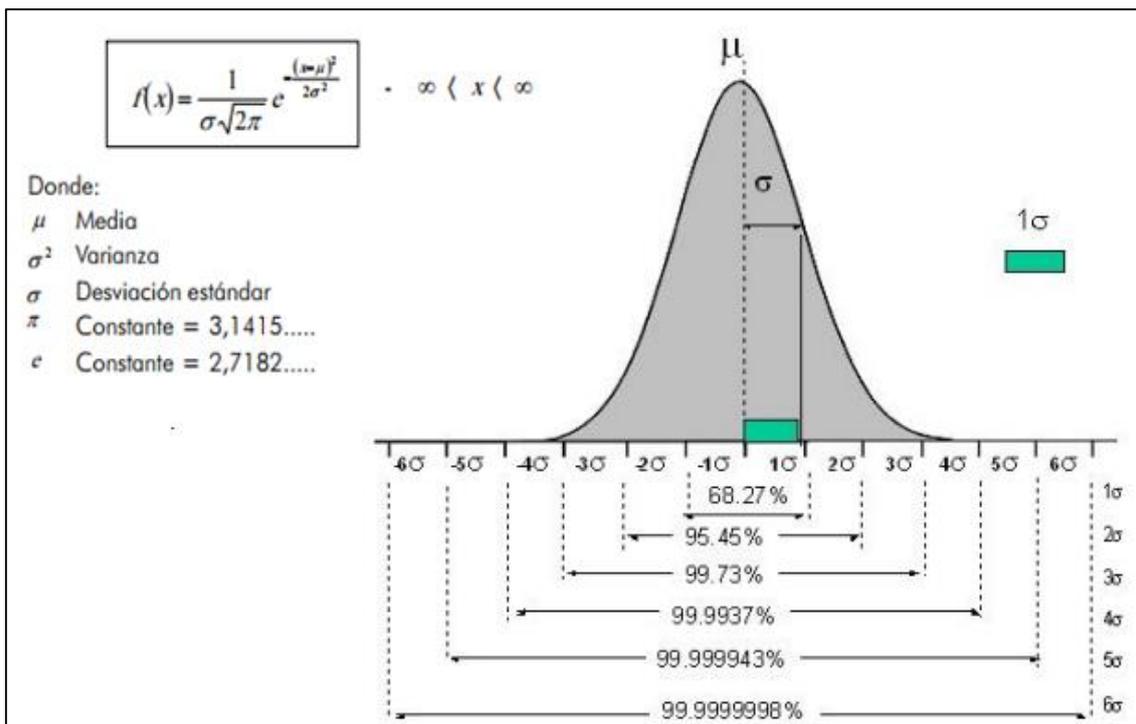


Gráfico N° 18: Distribución normal

Fuente: Instituto para la Calidad – 2017

1.3.2.5 Gráfico de Cajas

Es un gráfico de análisis de datos que permite tener una idea visual de la distribución de datos. A través de este gráfico se puede definir la simetría, variabilidad y outliers (datos diferentes al conjunto de información). También, es útil para equiparar grupos. Es decir, muestra

la longitud en la que los datos se encuentran y su distribución equitativa (INEI, 2006, p.21).

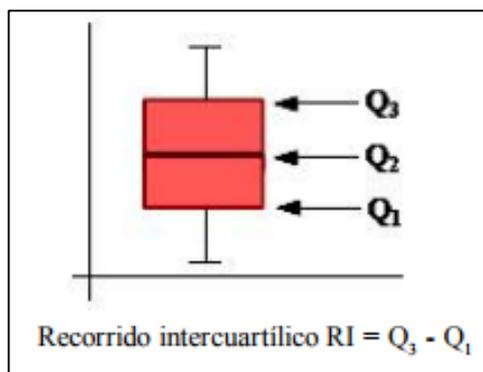


Gráfico N° 19: Gráfico de caja

Fuente: INEI :2006

1.3.3. SIX SIGMA

1.3.2.1 Definición

Es un método de mejora de la calidad que mediante herramientas estadísticas denota la variación de un proceso representándose a través de la letra griega sigma. Mientras más “sigmas” tiene una empresa, significa que puede cumplir con las especificaciones del cliente con bajos recursos reflejados en la disminución de defectos.

Para Fontalvo y Herrera (2011) “SEIS SIGMA es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes” (p.4).

Según De la Vara y Gutiérrez (2009) la definición de Six Sigma:

[...] se refieren a un concepto que plantea una aspiración o meta en común en calidad para todos los procesos de una organización. El término se acuñó en el decenio de 1980-1989, y le dio su nombre al programa de mejora Seis Sigma (p. 108).

a) Calidad Tres Sigma

Para tener calidad tres sigmas la capacidad del proceso dependiendo del método utilizado se represente de la siguiente manera:

$$\text{Índice } Z = 3$$

$$\text{Índice } C_p = 2$$

b) Calidad Seis Sigma

“Tener esta calidad significa diseñar productos y proceso que logren que las variaciones de las características de calidad sean tan pequeñas [...] que la campana de distribución quepa dos veces dentro de las especificaciones. [...] En términos del índice Cpk, un proceso seis sigma equivale a que el proceso en el corto plazo tenga un $C_{pk} = 2.0$ ” (De la Vara y Gutiérrez, 2009, p.111)

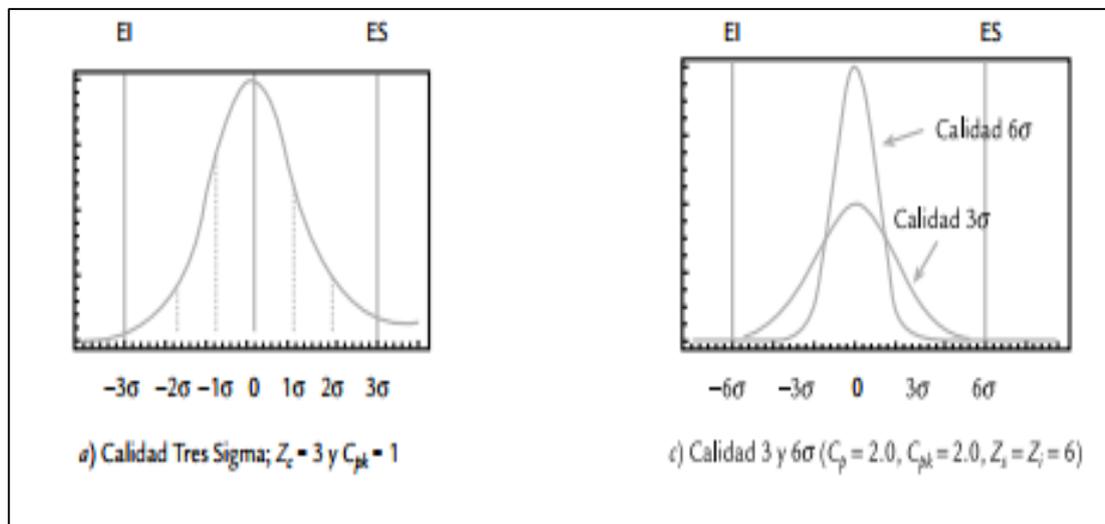


Gráfico N° 20: Calidad tres y seis sigma

Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma

Se determina la calidad en sigmas según el resultado del índice de capacidad del proceso que se presentará en la siguiente tabla:

CALIDAD DE CORTO PLAZO (SUPONIENDO UN PROCESO CENTRADO)			
ÍNDICE C_p	CALIDAD EN SIGMAS Z_c	% DE LA CURVA DENTRO DE ESPECIFICACIONES	PARTES POR MILLÓN FUERA DE ESPECIFICACIONES
0.33	1	68.27	317 300
0.67	2	95.45	45 500
1.00	3	99.73	2 700
1.33	4	99.9937	63
1.67	5	99.999943	0.57
2.00	6	99.9999998	0.002

Tabla N° 01: Calidad en Sigmas

Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma

1.3.2.2 Historia

Según Fontalvo Y Herrera (2011) la historia de Six Sigma:

El Método de Seis Sigma es una filosofía que inicia en los años ochenta como estrategia de mercado y de mejoramiento de la calidad en la empresa Motorola, cuando el ingeniero Mikel Harry, promovió como meta estimable en la organización; la evaluación y el análisis de la variación de los procesos de Motorola, como una manera de ajustarse más a la realidad [...] (p.2).

1.3.2.3 Control estadístico

a) Variabilidad

Para De la Vara y Gutiérrez (2009) "Se refiere a la diversidad de resultados de una variable o de un proceso (p.11)

La variabilidad será la base fundamental para desarrollar el control estadístico y Seis Sigma, teniendo como objetivo principal la reducción de esta en los procesos tomando en cuenta los 6 elementos (6M) que

intervienen en ellos. Para ello, se reconoce que las 6M (materiales, mano de obra, mediciones, medio ambiente, máquinas y métodos) aportan su propia variación, no necesariamente igual, y en conjunto conforma la variabilidad de un proceso. (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.11-12)

b) Desviación estándar

Para De la Vara y Gutiérrez (2010) “Refleja la variabilidad de un proceso. Para su cálculo se debe utilizar un número grande de datos que hayan sido obtenidos en el transcurso de un tiempo amplio. Se denota con la letra griega sigma σ ” (p.21).

Se utilizaran todos los elementos de la población para realizar el cálculo de la desviación estándar, es decir mediante este se obtendrá desviación estándar poblacional que se representa con la letra griega sigma σ . La población ideal se considera las mediciones de toda la producción de las últimas semana o muestras de las últimas semanas, aproximadamente de 120 a 150 en adelante ayudará en el cálculo (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.21).

1.3.2.4 Métricas Seis Sigma

a) DPMO

Defecto por Millón de Oportunidades, también conocido por sus siglas DPMO, se utiliza cuando las características de calidad son de atributos. En orden de calcular esta métrica, será necesario tener los conceptos básicos de los siguientes elementos:

- **Unidad:** “Es la parte o producto que se elabora mediante un proceso” (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.114).
- **Oportunidad de error:** “Cualquier parte de la unidad que puede medirse o probarse si es adecuada” (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.114).

- **Índice DPU:** “Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el número de unidades inspeccionada. No toma en cuenta las oportunidades de error” (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.114).

$$DPU = \frac{d}{U}$$

d = defectos encontrados durante la inspección

U = unidades inspeccionadas

- **Índice DPO:** “Métrica de calidad que es igual al número de defectos encontrados entre el total de oportunidades de error al producir una cantidad específica de unidades” (De la Vara y Gutiérrez, 2010, p.115).

$$DPO = \frac{d}{U \times O}$$

d = defectos encontrados durante la inspección

U = unidades inspeccionadas

O = Numero de oportunidades de error por unidad

Por lo tanto, para calcular DPMO se multiplicará al resultado del DPO por un millón.

b) Índice Cp

“Indicador de la capacidad potencial del proceso que resulta de dividir el ancho de las especificaciones (variación tolerada) entre la amplitud de la variación natural del proceso” (De la Vara y Gutiérrez, p.101).

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

ES = Especificación superior

EI = Especificación inferior

σ = Desviación estándar

Para decir que el proceso es capaz de cumplir con las especificaciones potencialmente, se necesita que la variación real o natural (6σ) debe ser menor que la variación tolerada.

$C_p > 1$ Cumple con las especificaciones

$C_p < 1$ No cumple con las especificaciones

A continuación, se presentará una tabla de interpretación de los valores del C_p

VALOR DEL ÍNDICE C_p	CLASE O CATEGORÍA DEL PROCESO	DECISIÓN (SI EL PROCESO ESTÁ CENTRADO)
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma.
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

Tabla N° 02: Interpretación valores del C_p

Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma

1.3.2.5 Herramienta de Gestión

El método Seis Sigma toma sigue los lineamientos del ciclo PDCA de Deming y desarrolla una nueva metodología llamada con sus siglas en inglés DMAIC operacionalizando las etapas del ciclo antes mencionado.

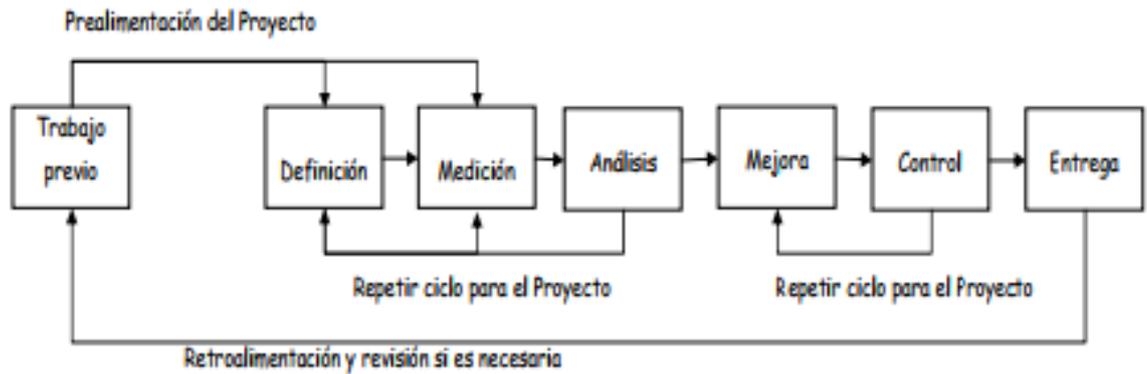


Gráfico N° 21: Operacionalización DMAIC

Fuente: Seis Sigma Métodos Estadísticos y sus Aplicaciones

El objetivo de la implementación de Seis Sigma es mejorar y optimizar una organización mediante el uso de proyectos que con el tiempo sean admisibles y medibles. Para el desarrollo de esta propuesta se desarrollarán 5 etapas:

1. Definir el problema relativo a calidad o el plan de la organización teniendo en cuenta la información necesaria que permitirá adquirir las necesidades del cliente.
2. Medir los requisitos del problema.
3. Analizar la raíz del problema, utilizando diversas técnicas estadísticas.
4. Mejorar la situación del proceso, reconociendo y evaluando las variables con mayores problemas del proceso. Implementar un resultado favorable para cada una de las causas encontradas, calculando los resultados AMEF.
5. Controlar las variables con mayores problemas del proceso, para no reincidir y sea frecuente (Fontalvo y Herrera, 2011, p.6).

1.3.2.5.1 Etapa de Definición

“En esta etapa los responsables de la aplicación del método SEIS SIGMA definen el problema de calidad mediante una planeación que involucre las expectativas y necesidades de los clientes, la

identificación del proceso y de sus interrelaciones, así como también las variables críticas” (Fontalvo y Herrera, 2011, p.6).

Para esta etapa la organización desarrollará los siguientes pasos para comenzar a implementar la filosofía DMAIC:

1. Mediante un diagnóstico se identificarán las áreas que se necesitará mejorar, definir los objetivos y hacia donde se desea llegar al finalizar el proyecto (alcance).
2. Se debe reconocer y calcular los principales clientes y los que se encuentran en actividad, para poder satisfacer sus necesidades mediante una respuesta que cumpla con sus expectativas en cuanto se refiere a la calidad del producto.
3. Luego del análisis desarrollado, se estima el ahorro y el alcance de tiempo de proyectos seleccionados de acuerdo a su potencial.
4. Se caracterizará los procesos para tener un mejor panorama de las fases o actividades que lo conforma, de esto dependerá un grado mayor de aceptación en la toma de decisiones.
5. Selección de líder: Para ello se deberá escoger un empleado que tenga los conocimientos y experiencia suficiente para desarrollar la filosofía Six Sigma, además que sea capaz de comunicar al equipo sus ideas y encaminarlos a alcanzar los resultados del proyecto esperados por la organización. (Fontalvo y Herrera, 2011, p.6).

1.3.2.4.2 Etapa Medir

Según Subramaniam (2007) define la etapa medir:

La etapa de Medición establece técnicas para recolectar datos sobre el desempeño actual y que tan bien se cumplen las expectativas del cliente. Al terminar esta etapa, el equipo de trabajo tendrá un plan de recopilación de información, un sistema válido de medición que

asegure exactitud y consistencia en a la recolección de datos, frecuencia de los defectos y datos suficientes para el análisis del problema (p. 52).

En esta etapa se resaltaré el proceso, el indicador que más afecta a la calidad, la causa que afecta al proceso, cómo funciona el proceso, el óptimo desarrollo del proceso y cómo beneficiaría al proceso si se realizara el proyecto.

1.3.2.4.3 Etapa Analizar

Según Subramaniam (2007) define la etapa medir:

La etapa de Análisis permite al equipo de trabajo establecer las oportunidades de mejora al tener todos los datos. A través de esta etapa, el equipo determina por qué, cuándo y cómo ocurren los defectos; selecciona las herramientas de análisis gráfico adecuadas y las aplica a los datos recolectados y; plantea un conjunto de mejoras potenciales para aplicarse en la siguiente etapa: Mejorar. Después de analizar, el equipo puede entregar un mapa del proceso detallado, un enunciado refinado del problema y estimados de la posibilidad de defectos (p. 52,53).

1.3.2.4.4 Etapa Mejorar

Durante esta etapa se implementará el plan de mejora y evaluar cual son las mejores alternativas para el proceso. Es importante realizar una lluvia de ideas junto al equipo de trabajo para generar alternativas, probar las soluciones y confirmar si propuesta colabora en la mejora. Para ello podría desarrollarse:

- Nuevo mapa de proceso
- Análisis costo- beneficio
- Recopilacion y análisis de los datos del Nuevo proceso

Esta etapa tiene como objetivo entregar soluciones y validarlas con la finalidad de que sean viables para el proyecto (Subramaniam,2007,53)

1.3.2.4.5 Etapa Controlar

Según Subramaniam (2007) define la etapa medir:

La etapa de Control institucionaliza las mejoras del proceso y el producto y, monitorea el desempeño actual a fin de obtener las ganancias logradas en la etapa de Mejorar. Durante esta etapa el equipo de trabajo desarrolla una estrategia de control basada en los resultados de las cuatro etapas previas, un plan de control que incorpora los cambios en el proceso cronológicamente y un enunciado de calidad de desempeño actualizado y un plan de entrenamiento para documentar los cambios y mejoras (p.53).

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

GENERAL

- ¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.?

ESPECIFICO

- ¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el índice de Capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.?
- ¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.?

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

En una empresa u organización es de vital importancia tener adecuadas técnicas, métodos de trabajo que puedan brindar valor agregado a todos los servicios o productos que brindamos a nuestros clientes, con precios justos, procesos eficientes, productos o servicios que garantizan nuestros trabajos, minimizando los costos ,dado que hoy en día las exigencias de los clientes son cada vez mayores y con ello el número elevado de competidores ,esto hace que si los clientes que no se sienten satisfechos por el servicio o producto que se le brinda , tienen toda la libertad y una alta posibilidad de cambiar de proveedor, ello sería muy malo para una empresa , ya que una empresa para poder estar en vigencia es dependiente únicamente de sus clientes y de la capacidad que tiene para mantenerse en el mercado y ser competitivo.

1.5.1 Justificación académica

Esta investigación expone las herramientas del Six Sigma nos ayudara a mejorar la calidad de la empresa Fusión Mecánica Industrial SAC

Dicha investigación podrá servir para futuras investigaciones ya que contribuye al desarrollo competitivo y productivo de las empresas, enfocándonos en mejorar la calidad de cada empresa.

1.5.2 Justificación Social

La razón social por la cual me decidí a realizar este tema:

Aportar con el crecimiento de la empresa Metalmecánica con la finalidad de otorgar mayores puestos de trabajo a los pobladores de las zonas aledañas a la empresa.

1.5.3 Justificación Institucional

Para lograr crecimiento y éxito en la empresa metalmecánica, es necesario tener en cuenta la importancia del a calidad en la producción, por ello es necesario implementar herramientas en la que todo el personal este comprometido,

1.5.4 Justificación Económica

El trabajo será en beneficio para la empresa, ya que a través de la calidad del producto se podrá fidelizar a los clientes, generando mayor demanda y reconocimiento a la marca. Además, el desarrollo de la investigación mejorará la utilización de recursos evitando pérdidas en mermas o productos defectuosos.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 HIPOTESIS GENERAL

- La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el proceso de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

1.6.2 HIPOTESIS ESPECÍFICAS

- La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el índice de capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C
- La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C

1.7 OBJETIVOS.

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

- Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar el índice de capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

- Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables
¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.?	Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.	La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.	Variables Independiente Six Sigma Indicadores <ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de los Requerimientos del cliente ▪ Repetibilidad & Reproducibilidad
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis Específico	Variables Dependiente
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el índice de Capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.? • ¿Cómo la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.? 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar el índice de capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C. • Implementar la herramienta Six Sigma para mejorar el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C. 	<ul style="list-style-type: none"> • La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el índice de capacidad de proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C • La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C 	Variables Dependiente Calidad Indicadores <ul style="list-style-type: none"> • Índice de capacidad de proceso • Rendimiento del proceso

Tabla N° 03: Matriz de coherencia

Fuente: Elaboración propia

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

El diseño utilizado es experimental dado a que aplicaremos Six sigma a nuestra variable dependiente. Lo cual fue sustentado por Bernal (2010), “Presentan el más bajo control de variables y no efectúan asignación aleatoria de los sujetos al experimento, y son aquellos en los que el investigador no ejerce ningún control sobre las variables extrañas o intervinientes, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación ni hay grupo control.” (p.146).

Por su alcance es longitudinal porque se medirá dos veces la muestra (antes y después) de la aplicación de Six sigma. Apoyado en lo mencionado por Bernal (2010), “[...] se obtienen datos de la misma población en distintos momentos durante un período determinado, con la finalidad de examinar sus variaciones en el tiempo” (p. 119).

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Six Sigma

Roqueme y Suares (2015) define Six Sigma:

Es un enfoque revolucionario de gestión que mide y mejora la Calidad, ha llegado a ser un método de referencia para satisfacer las necesidades de los clientes y lograrlo con niveles próximos a la perfección. Es un método basado en datos para llevar la Calidad hasta niveles próximos a la perfección, diferente de otros enfoques ya que también corrige los problemas antes de que se presenten. Más específicamente se trata de un esfuerzo disciplinado para examinar los procesos repetitivos de las empresas (p.48).

2.2.1.1 Índice de cumplimiento de los requerimientos del cliente

Según el sistema de Gestión de Calidad ISO 9001, el cumplimiento de la calidad se basa en el cumplimiento de las necesidades y expectativas de los clientes. Además, está asociado a una estrategia relacionada con los requerimientos del entorno.

$$\frac{\text{Requerimiento cumplidos}}{\text{Requerimientos del cliente}}$$

2.2.1.2 Repetibilidad y Reproducibilidad

La repetibilidad (r) se obtiene como resultado del promedio de las p varianzas que estiman la variabilidad interna de cada condición, esta variabilidad interna promedio (Sr) es conocida como el ruido presente en el experimento

$$r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\sum SW^2 / p]}$$

La reproducibilidad (R) o variabilidad entre las condiciones (SL) se obtiene mediante la diferencia de la varianza (Sm²) de los p promedios menos la varianza representativa del ruido del experimento (Sr²) entre la cantidad de mediciones n de cada condición.

$$R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2 / n]}$$

2.2.2 Calidad

“Tener esta calidad significa diseñar productos y proceso que logren que las variaciones de las características de calidad sean tan pequeñas [...] que la campana de distribución quepa dos veces dentro de las especificaciones. [...] En términos del índice Cpk, un proceso seis sigmas

equivale a que el proceso en el corto plazo tenga un $Cpk= 2.0$ " (De la Vara y Gutiérrez, 2009, p.111)

2.2.2.1 Índice de capacidad de proceso

En el presente trabajo, para reconocer la capacidad del proceso se utilizará el índice de capacidad potencial del proceso (Cp) el cual se definió en el marco teórico visto anteriormente mediante esta fórmula:

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

ES = Especificación superior

EI = Especificación inferior

σ = Desviación estándar

Sin embargo, podría resumirse en la siguiente formula. La variabilidad especificada denota las especificaciones que el cliente solicita a la empresa. Se le dice variabilidad es natural a 6sigma debido a la propiedad de la distribución normal en donde se afirma que 3sigma se encuentra 99.73% de los valores de una variable con distribución normal (De La Vara y Gutiérrez, 2009, p.101)

$$Cp = \frac{\text{Capacidad de proceso obtenida}}{\text{Capacidad de proceso esperada}}$$

2.2.2.2 Rendimiento del proceso

La siguiente variable se medirá mediante la diferencia de la distribución normal de la especificación superior menor la distribución normal de la especificación inferior.

Distribución normal Z1 – Distribución normal Z2

Matriz de Operacionalización de las variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Independiente					
Six Sigma	Según ISO 13053: 2010 El objetivo de Six Sigma es mejorar el desempeño empresarial y de la calidad mediante la eliminación de errores y residuos.	Six sigma se basa en la disminución de defectos y satisfacción del cliente	Cumplimiento de los requerimientos del cliente	<p>Requerimiento cumplidos Requerimientos del cliente</p> $r = \sqrt{Sr^2} = \sqrt{\sum Sw^2 / p}$ <p>$p = \text{varianzas}$ $Sr = \text{Variabilidad Interna Promedio}$ $Sw = \text{desviación estandar de las n mediciones}$</p> $R = \sqrt{SI^2} = \sqrt{Sm^2 - Sr^2/n}$ <p>$Sm^2 = \text{promedio menos la varianza}$ $SI = \text{Variabilidad de las condiciones}$</p>	Razón
Dependiente					
Calidad	Según ISO 9001:2015 Calidad es el grado en el que un conjunto de características inherentes de un objeto cumple con los requisitos .	Six Sigma se basa en las siguientes métricas para mostrar el nivel de calidad : Índice de capacidad del proceso y Rendimiento del Proceso	Índice de capacidad del proceso	<p>Capacidad de proceso obtenida Capacidad de proceso esperada</p> $Cp = \left[\frac{LES - LEI}{6\sigma} \right]$ <p>Distribución normal Z1 – Distribución normal Z2</p>	Razón
			Rendimiento del proceso		Razón

Fuente: Elaboración propia.

2.3 Población y muestra

2.3.1 Población

Para Bernal (2010) “una definición adecuada de población debe realizarse a partir de los siguientes términos: elementos, unidades de muestreo, alcance y tiempo” (p. 16).

En tal sentido en la presente investigación la población está delimitada de la siguiente forma

Alcance: Departamento de Lima

Tiempo: Días de trabajo comprendidos por 30 días.

Elementos: Área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial

Unidades de muestreo: Piezas de acero

2.3.2 Muestra

Para Bernal (2010) “Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuaran la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (p. 161).

Para la siguiente investigación se utilizará una muestra no probabilística ya que mediante ella puede seleccionarse datos bajo una característica en específico (Hernández, 2014, p. 190-191).

En este sentido para efectos de esta investigación la muestra es de 300 piezas de acero trabajadas en el área de mecanizado.

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

2.4.1 Técnicas de recolección de datos

“La observación, como técnica de investigación científica, es un proceso riguroso que permite conocer, de forma directa, el objeto de estudio para

luego describir y analizar situaciones sobre la realidad estudiada”
(Bernal, 2010, p.257).

Para el siguiente estudio se le aplicará la técnica de observación directa, considerada como fuente primaria. De esta manera se observa la muestra tomada.

2.4.2 Instrumento de recolección de datos

Según Hernández (2014):

[...] En toda investigación cuantitativa aplicamos un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis (y cuando no hay hipótesis simplemente para medir las variables de interés). Esa medición es eficaz cuando el instrumento de recolección de datos en realidad representa las variables que tenemos en mente. Si no es así, nuestra medición es deficiente; por tanto, la investigación no es digna de tomarse en cuenta [...] (p. 199-200).

Con la finalidad de lograr cada uno de los objetivos específicos y propósitos de la investigación se utilizarán fichas de observación representando cada una de las variables a tomar en cuenta para el presente proyecto.

- **Fichas de Observación**

“Las fichas son aquellos documentos que mantienen registrados datos relacionados a un tema y/o problema específico en escala de medición obtenido a través de la observación” (Escuela de Posgrado UCV, 2013, p.40)

En la presente investigación las fichas de observación que se utilizaran son las siguientes:

- Ficha de Requerimiento de productos
- Ficha de Reproducibilidad y repetibilidad
- Ficha de Índice de capacidad de proceso
- Ficha de Rendimiento de proceso

2.4.3 Validez y confiabilidad

La confiabilidad y la validez son cualidades esenciales que deben estar presentes en todos los instrumentos de carácter científico para la recogida de datos. En palabras de Pérez (1998), si el instrumento o instrumentos reúnen estos requisitos habrá cierta garantía de los resultados obtenidos en un determinado estudio y, por lo tanto, las conclusiones pueden ser creíbles y merecedoras de una mayor confianza (p.71)

Delgado y Colombo (2002) mencionan que la confiabilidad se refiere al nivel de exactitud y consistencia de los resultados obtenidos al aplicar el instrumento por segunda vez en condiciones tan parecida como sea posible. La validez de contenido está representada por el grado en que una prueba representa el universo de estudio. Por tal motivo, deberán seleccionarse los indicadores e ítems de tal manera que estos respondan a las características peculiares del objeto de estudio. (p. 45)

La validación del instrumento, se realizó mediante juicio de expertos durante el proceso de la realización del proyecto de investigación con la finalidad de obtener una continua evaluación y realizar las correcciones necesarias para garantizar la aceptabilidad del modelo. Al finalizar la matriz de operacionalización, se le presento a cada experto un formato de validación cuyo contenido mostraba las variables dependiente e independiente, detallado las dimensiones de cada una e indicadores (Anexo N°: 5). La validación del instrumento estuvo a cargo de tres docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo Lima – Norte:

- Dr. Leonidas Bravo Rojas
- Mg. Gustavo Montoya Cárdenas
- Mg. Margarita Jesús Egusquiza Rodriguez

2.5 Métodos de análisis de datos

Para el desarrollo de proyecto de tesis se utilizará la estadística descriptiva e inferencial en el proceso de búsqueda de resultados.

2.5.1 Estadística descriptiva

Para Hernández (2012) La estadística descriptiva calcula las principales medidas otorgadas por una variable determinada describiéndola con precisión. En la descripción se interpretará los resultados obtenidos según gráficos dimensionales, tablas de frecuencias, medidas de dispersión, medidas de concentración, etc. (p. 19)

Para la siguiente investigación se utilizarán distribuciones de frecuencias mediante la realización de histogramas que describirán el comportamiento de las variables dependientes e independiente durante el proceso del uso de la herramienta de mejora. Por otro lado, ayudará a la toma de decisiones de acuerdo a los resultados obtenidos.

2.5.2 Estadística inferencial

Para Baptista Fernández, y Hernández (2010) “Se utiliza para probar hipótesis y estimar parámetros” (p. 305)

Para ello se utilizarán como base principal la vinculación de dos procedimientos:

- a)** Probar hipótesis poblacionales
- b)** Estimar parámetros

“La prueba de hipótesis [...] se efectúa dependiendo del tipo de hipótesis de que se trate. Existen pruebas estadísticas para diferentes clases de hipótesis como iremos viendo. La inferencia de los parámetros depende de que hayamos elegido una muestra probabilística con un tamaño que asegure

un nivel de significancia adecuado” (Baptista Fernández, y Hernández, 2010, p.306).

Para probar la hipótesis se puede realizar dos tipos de análisis estadísticos: Análisis paramétricos y no paramétricos.

El método estadístico que se utilizará para validar la hipótesis es la Prueba de T. La prueba T “Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias en una variable” (Baptista Fernández, y Hernández, 2014, p.310).

En este caso se realizará la prueba en un grupo donde no se ha implementado la herramienta de mejora y en otra sí.

Según Baptista Fernández, y Hernández (2014)

“La comparación se realiza sobre una variable (regularmente y de manera teórica: dependiente). Si hay diferentes variables, se efectuarán varias pruebas t (una por cada variable), y la razón que motiva la creación de los grupos puede ser una variable independiente. Por ejemplo, un experimento con dos grupos, donde a uno se le aplica el estímulo experimental y al otro no, es de control” (p.310).

2.6 Aspectos éticos

La presente investigación beneficiará a mejorar la calidad de ambiente laboral del trabajador. Además, ayudará a mejorar la rentabilidad de la empresa, por consiguiente, el objetivo de la investigación no afectará en contra la moral ni principios de los trabajadores ni de la sociedad.

La siguiente investigación beneficiará y mejorará el ambiente laboral y entorno del trabajador. Así mismo, impactará beneficiosamente ante la productividad de la empresa. Por lo tanto, las prácticas mencionadas no afectan en contra la moral de los trabajadores ni la sociedad. Por otro lado, el proyecto de investigación respeta los derechos de autoría de tesis, artículos, libros, etc.;

que se utilizaron y fueron de ayuda para realizar ese proyecto, siendo citados bajo la norma ISO 690.

2.7 Desarrollo de la propuesta

2.7.1 Situación actual

En este punto se realizará la descripción de la empresa, misión, visión, productos, procesos de producción y principales productos.

2.7.1.1 Descripción de la empresa

Fusión Mecánica Industrial es una empresa líder en el rubro metalmecánica en la fabricación de piezas y brindando servicios complementarios. La empresa cuenta con 15 años de experiencia brindando productos a base de fierro y bronce a destacadas empresas a nivel nacional.

La empresa brinda atención personalizada a cada uno de sus clientes a fin de cumplir con todos los requerimientos otorgados por los mismos. Por otro lado, los diversos servicios que brinda le empresa, permite que el cliente encuentre una experiencia satisfactoria al adquirirlos.

La empresa no cuenta con certificaciones de calidad. Sin embargo, está comprometida en brindar productos y servicios de calidad.

2.7.1.2 Perfil Organizacional

Visión: Ser una empresa reconocida por la calidad de sus productos y apta para competir a nivel internacional.

Misión: Nuestro compromiso es satisfacer las necesidades de nuestros clientes al mínimo detalle, fabricando piezas para toda la industria nacional, utilizando materia prima de primera calidad.

2.7.1.3 Organización de la empresa

La empresa tiene definido la representación de cada área en la organización con profesionales calificados a cumplir con lo demandando. En ella podemos encontrar gerente comercial, gerente de administración y finanzas, y gerente

de operaciones. Además, esta última cuenta en su área con una gran diversidad de unidad de negocios para así poder satisfacer las necesidades de sus clientes. Cada una de ellas cuenta con un supervisor desde el área de diseño de producto hasta servicio técnico.

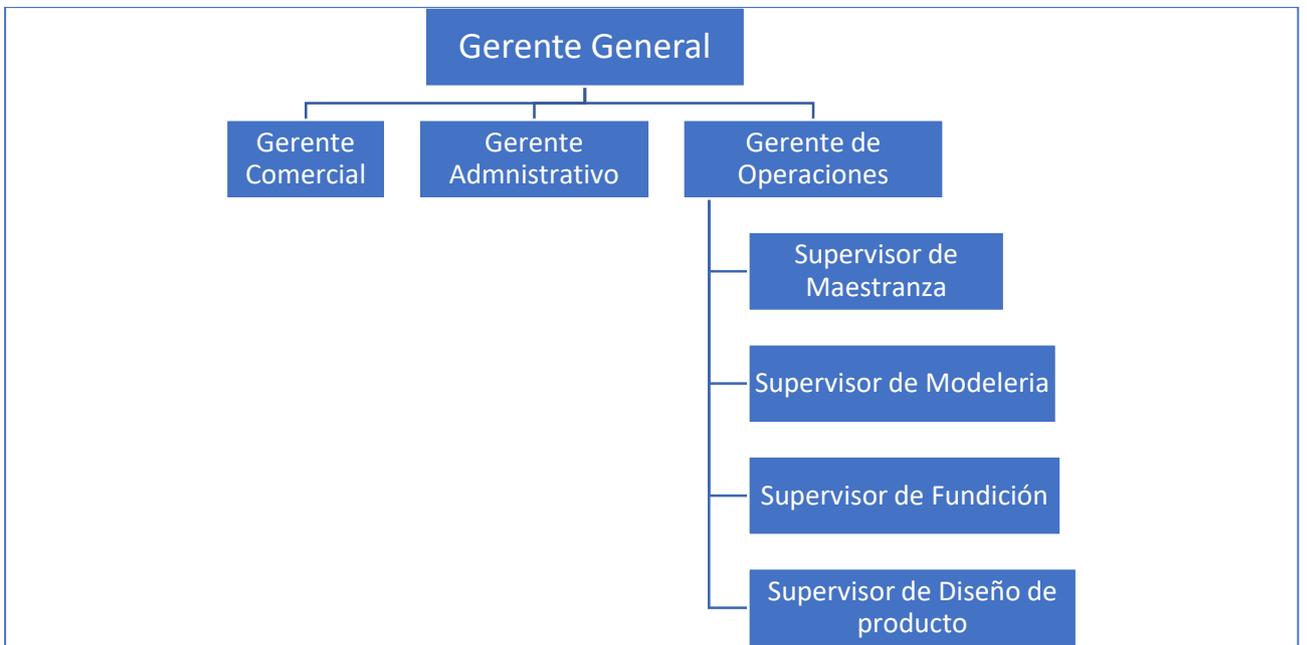


Gráfico N°22: Organigrama de la empresa

Fuente: Elaboración propia

2.7.1.4 Entidades participantes en el modelo de negocio

a) Clientes

Entre los clientes de la empresa Fusión Mecánica Industrial se encuentran:

- Kimberly Clark – Peru
- Shougang Hierro Perú
- Master Drilling Perú
- IESA S.A.- Perú

b) Competidores

Existen diversas empresas dedicada al rubro metalmecánica. Algunas empresas de este rubro se han posicionado y brindan además el servicio de venta de maquinarias. Entre ella se puede encontrar INTCOMEX PERU S.A.C y KOMATSU- MITSUI Maquinarias Perú.

2.7.1.5 El producto

La empresa Fusión Mecánica Industrial ofrece a sus clientes productos para el sector minero, industria y estructuras metálicas.

Entre ellos se encuentra:

- Bombas
- Bocinas
- Rotores
- Impulsores
- Chumaceras
- Cremallera
- Discos
- Piñón
- Engranajes
- Shotcretera

Para el proyecto a realizar se utilizará al engranaje como producto principal ya que es el que presenta mayor movimiento en ventas y presenta mayor cantidad de defectos en su realización.

2.7.1.6 El proceso Productivo

Pieza de acero



Gráfico N°23: Diagrama de Operaciones

Fuente: Elaboración propia

Operario/material/equipo						
Diagrama N°: 1	Hoja N°: 1	RESUMEN				
Objeto: Mecanizar una pieza cilíndrica		Actividad	Actual			
		Operación	8			
		Transporte	2			
Actividad: Mecanizado de una pieza de acero		Espera	0			
		Inspección	4			
		Almacena	2			
Método: Actual		Tiempo	1h			
Lugar: Área de mecanizado						
Operario: N° 3						
Compuesto por: Judith Flores				Fecha: 15/05/17		
Aprobado por: M.A.S.S				Fecha: 22/05/17		
DESCRIPCIÓN	○	➡	D	□	▽	Observación
Piezas almacenadas					●	
Llevar la piezas al torno		●				
Insertar la pieza dentro de las tres mordazas	●					
Verificar el centrado de la pieza				●		Inspección
Colocar el carro transversal en la longitud optima	●					
Colocar la cuchilla	●					
Verificar la posición correcta eje x				●		Inspección
Asegurar el eje x	●					
Realizar el careado o refrentado	●					
Realizar el rectificado	●					
Verificar la posición correcta eje y				●		Inspección
Asegurar el eje y	●					
Realizar el cilindrado	●					
Verificar la medida especificada				●		Utilizar Vernier
Llevar la pieza al almacén		●				
Pieza en almacén de productos terminados					●	

Gráfico N°24: Diagrama de actividades del proceso

Fuente: Elaboración propia

2.7.2 Propuesta de Mejora

En fin de realizar el proyecto Six Sigma de mejora de la calidad en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial, se utilizará la metodología DMAIC, la cual es utilizada para el desarrollo de proyectos Six Sigma y sigue los parámetros del ciclo de Deming.

El flujo del ciclo DMAIC se representará mediante el siguiente cuadro. Además, se muestra un cronograma de las actividades a realizar siguiendo el flujo de la metodología mencionada.

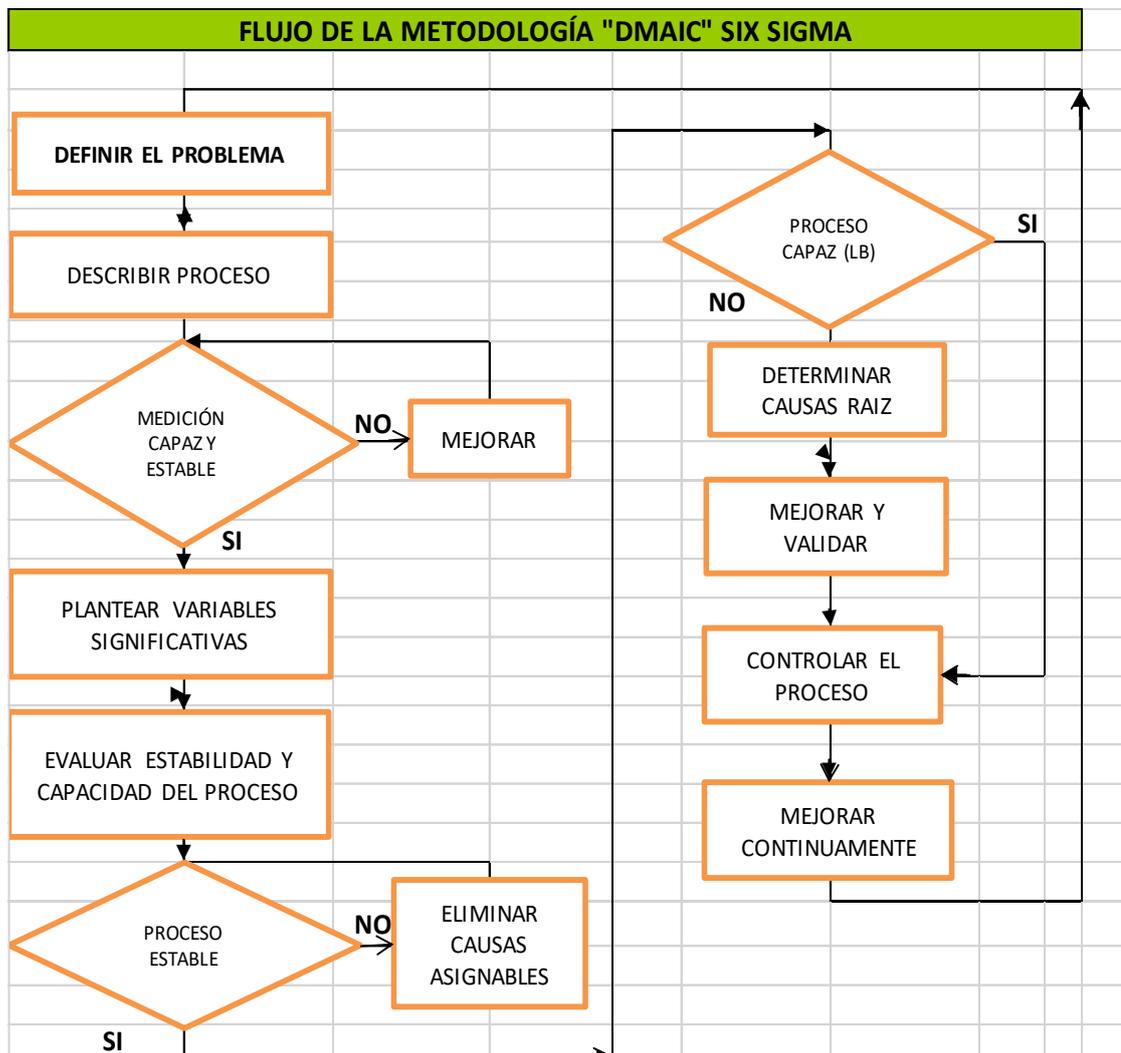


Gráfico N°25: Diagrama de Flujo

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6 :Cronograma de ejecución de la propuesta											
		Semanas									
ETAPAS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	DEFINIR										
a	Identificar al cliente										
b	Mapeo de procesos										
c	Definición de alcance del proyecto										
d	Diseñar mapa de Proceso										
e	Diseñar Matriz de Caracterización										
2	MEDIR										
a	Diagrama causa- efecto										
b	Analizar la capacidad del proceso										
c	Análizar el modo y efecto de la falla (AMEF)										
d	Desarrollo del diagrama de flujo de proceso										
e	Mapeo del flujo de valor (VSM)										
f	Identificar el desperdicio										
3	ANALIZAR										
a	Analizar y solucionar el problema										
4	MEJORA										
a	Prueba de hipótesis										
5	CONTROLAR										
a	Mantenimiento Productivo Total										

Gráfico N°26: Cronograma Ejecución de la propuesta

Fuente: Elaboración propia

2.7.3 Implementación de la propuesta

2.7.3.1 Definir

En esta fase se expresarán las necesidades del cliente. Se asignará al líder del proyecto y miembros del equipo documentándolo mediante el Project charter. Se definirá el problema principal de la organización, se identificarán parámetros críticos para la satisfacción (CTQs) y finalmente se negociará las normas de funcionamiento o también llamada acta de compromiso.

a) Definición del problema principal

- **Productos entregados fuera de tiempo**

Son los productos que no son entregados dentro de la programación de producción. Esto se produce por reproceso en el área de mecanizado, falta de materia prima, deficiencia en las máquinas por falta de mantenimiento. El atraso en la

entrega de productos genera finalmente insatisfacción del cliente.

- **Insatisfacción del cliente interno por entrega de producto fuera de especificación.**

Son aquellos productos que el cliente interno devuelve al área de mecanizado por no cumplir con las especificaciones. Una de ellas es por los defectos geométricos que presenta la pieza y defectos superficiales. Estos defectos generan reproceso, por lo tanto, gastos a la empresa.

Para ello mediante la Ficha N° 1 se analizaron los principales requerimientos o CTQs:

- ✓ Cumplir con el diseño establecido
- ✓ Utilizar el material solicitado
- ✓ Superar el control de calidad – ensayo no destructivo
- ✓ Cumplir con la medida solicitada
- ✓ No presentar rugosidad
- ✓ Acabado superficial óptimo

Durante 30 días se tomaron 10 piezas cada uno, los cuales debían de cumplir con todos los requisitos para ser tomado como requisito cumplido. La pieza no debe encontrarse en reproceso.

Ficha N° 01 Requerimiento del Producto								
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial S.A.C.			Indicador		
	Area		Área de Mecanizado			Requerimiento cumplido		
	Evaluador		Flores Gomero, Judith Esmeralda			Requerimientos del cliente		
	Fecha		Desde	15/06/2017	Hasta	19/07/2017	30 días	
Requerimientos del Cliente	1		Cumple con el diseño previamente establecido			4		Cumple con la medida solicitada
	2		Se utilizó el material solicitado			5		No presenta rugosidad
	3		Supera el control de Calidad - ensayo no destructivo			6		Acabado superficial óptimo
Fecha	1	2	3	4	5	6	Requerimientos Cumplidos	Índice
15/06/2017	X	X	X		X		4	0.67
16/06/2017	X	X	X				3	0.50
17/06/2017	X	X	X				3	0.50
19/06/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
20/06/2017	X	X	X				3	0.50
21/06/2017	X	X					2	0.33
22/06/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
23/06/2017	X	X					2	0.33
24/06/2017	X	X			X		3	0.50
26/06/2017	X	X	X				3	0.50
27/06/2017		X			X	X	3	0.50
28/06/2017	X	X					2	0.33
29/06/2017	X	X	X				3	0.50
30/06/2017		X	X				2	0.33
01/07/2017	X	X	X				3	0.50
03/07/2017	X	X			X	X	4	0.67
04/07/2017		X	X				2	0.33
05/07/2017		X					1	0.17
06/07/2017	X				X	X	3	0.50
07/07/2017		X	X				2	0.33
08/07/2017	X	X			X		3	0.50
10/07/2017		X					1	0.17
11/07/2017		X			X	X	3	0.50
12/07/2017	X	X	X				3	0.50
13/07/2017	X	X					2	0.33
14/07/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
15/07/2017		X	X				2	0.33
17/07/2017		X			X	X	3	0.50
18/07/2017	X	X			X		3	0.50
19/07/2017	X	X					2	0.33

Tabla N°04: Requerimiento del producto

Fuente: Elaboración propia

Al observar la ficha de requerimiento del producto, se puede observar que el cuello de botella se encuentra en la falta de cumplimiento de la medida solicitada por el cliente. Por otro lado, se ve que hay deficiencia en la superficie del producto no llegando a cumplir con la característica solicitada. Por lo tanto, para el proyecto será tomado como base la medida de las piezas de acero.

La empresa en estudio produce piezas cilíndricas de distintos diámetros. Para el presente trabajo, se tomarán piezas cuyo diámetro tiene como requisito 66mm, teniendo como parámetro +/- 2mm.

N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor
1	72.4	53	72.6	105	71.6	158	70.0	211	69.0	264	62.9
2	70.6	54	70.0	106	71.2	159	70.2	212	67.5	265	67.4
3	61.6	55	61.2	107	60.8	160	57.8	213	67.9	266	62.1
4	59.6	56	59.2	108	60.4	161	59.8	214	65.1	267	68.4
5	64.0	57	63.4	109	62.2	162	63.4	215	67.1	268	62.5
6	61.4	58	59.4	110	61.8	163	60.8	216	64.8	269	70.0
7	66.8	59	64.8	111	65.8	164	64.2	217	67.1	270	63.3
8	74.2	60	73.0	112	73.4	165	72.4	218	66.3	271	68.4
9	60.2	61	61.0	113	60.0	166	59.4	219	64.3	272	67.8
10	69.2	62	68.4	114	68.2	167	67.4	220	62.1	273	65.1
11	72.2	63	69.6	115	68.6	168	67.6	221	64.7	274	65.1
12	71.4	64	69.4	116	66.0	169	61.4	222	67.4	275	67.6
13	60.4	65	58.4	117	68.6	170	67.8	223	62.6	276	64.4
14	56.6	66	60.2	118	66.4	171	68.8	224	65.1	277	69.0
15	60.2	67	63.4	119	66.8	172	65.4	225	65.7	278	64.2
16	59.6	68	59.0	120	66.2	173	68.6	226	67.3	279	64.4
17	66.8	69	62.4	121	65.4	174	68.6	227	65.8	280	64.3
18	72.0	70	71.0	122	68.0	175	65.2	228	64.7	281	64.9
19	58.2	71	60.4	123	63.0	176	66.8	229	63.4	282	62.3
20	67.2	72	68.4	124	66.6	177	62.4	230	63.3	283	66.1
21	66.0	73	69.2	125	65.4	178	66.4	231	68.4	284	62.4
22	69.0	74	65.6	126	63.2	179	61.4	232	63.8	285	66.2
23	68.0	75	64.4	127	63.8	180	64.2	233	64.2	286	67.7
24	68.0	76	67.8	128	63.2	181	67.6	234	63.5	287	65.8
25	67.0	77	68.8	129	63.2	182	64.6	235	69.2	288	65.8
26	60.8	78	64.6	130	62.6	183	63.4	236	63.8	289	64.6
27	66.4	79	69.2	131	68.2	184	63.4	237	67.9	290	66.4
28	64.6	80	69.2	132	66.0	185	67.6	238	67.4	291	67.3
29	64.0	81	69.4	133	63.6	186	68.4	239	64.5	292	63.0
30	65.6	82	63.4	134	65.0	187	61.6	240	64.0	293	65.5
31	60.4	83	66.0	135	61.0	188	63.2	241	67.4	294	64.6
32	62.6	84	62.4	136	61.4	189	69.0	242	63.3	295	63.3
33	63.0	85	60.2	137	66.2	190	69.4	243	64.5	296	65.9
34	65.8	86	60.0	138	69.6	191	63.4	244	66.3	297	64.4
35	68.2	87	63.8	139	64.8	192	60.8	245	64.8	298	67.6
36	66.0	88	60.6	140	60.2	193	62.4	246	64.1	299	65.6
37	68.0	89	70.0	141	64.4	194	69.8	247	69.9	300	62.9
38	69.0	90	62.4	142	61.2	195	62.6	248	69.6		
39	62.8	91	66.2	143	69.8	196	61.2	249	69.4		
40	69.6	92	66.2	144	65.6	197	66.8	250	68.1		
41	60.6	93	60.4	145	68.4	198	69.4	251	69.0		
42	60.2	94	62.6	146	69.8	199	68.8	252	63.0		
43	61.2	95	65.4	147	65.0	200	62.0	253	68.8		
44	64.0	96	61.0	148	63.4	201	60.8	254	65.1		
45	68.4	97	64.0	149	62.0	202	70.0	255	69.6		
46	64.6	98	67.6	150	61.2	203	60.8	256	66.0		
47	66.2	99	69.0	151	66.0	204	67.4	257	65.6		
48	61.6	100	66.8	152	63.2	205	70.0	258	69.8		
49	67.8	101	60.6	153	68.8	206	64.4	259	67.4		
50	69.0	102	69.8	154	65.0	207	63.2	260	69.0		
51	68.4	103	66.6	155	62.4	208	69.6	261	68.2		
52	69.6	104	68.2	156	66.6	209	67.0	262	69.5		
				157	67.0	210	65.0	263	62.4		

Tabla N° 06: Base de datos

Fuente: Elaboración Propia

b) Validación del sistema de medición

Para la validación del sistema de medición se empleará la prueba de R&R. Para esto se seleccionarán 10 muestras, 3 operadores con dos mediciones por cada uno. Los resultados de dichas mediciones se muestran en la siguiente tabla. Los datos están expresados en milímetros.

N° de pieza	Operador A		Operador B		Operador C	
	1	2	1	2	1	2
1	72.4	72.6	71.6	70.0	72.2	60.6
2	70.6	70.0	71.2	70.2	71.4	60.4
3	61.6	61.2	60.8	57.8	60.4	58.4
4	59.6	59.2	60.4	59.8	56.6	60.2
5	64.0	63.4	62.2	63.4	60.2	63.4
6	61.4	59.4	61.8	60.8	59.6	59.0
7	66.8	64.8	65.8	64.2	66.8	62.4
8	74.2	73.0	73.4	72.4	72.0	71.0
9	60.2	61.0	60.0	59.4	58.2	60.4
10	69.2	68.4	68.2	67.4	67.2	68.4

Tabla N° 07: Base de datos R&R

Fuente: Elaboración Propia

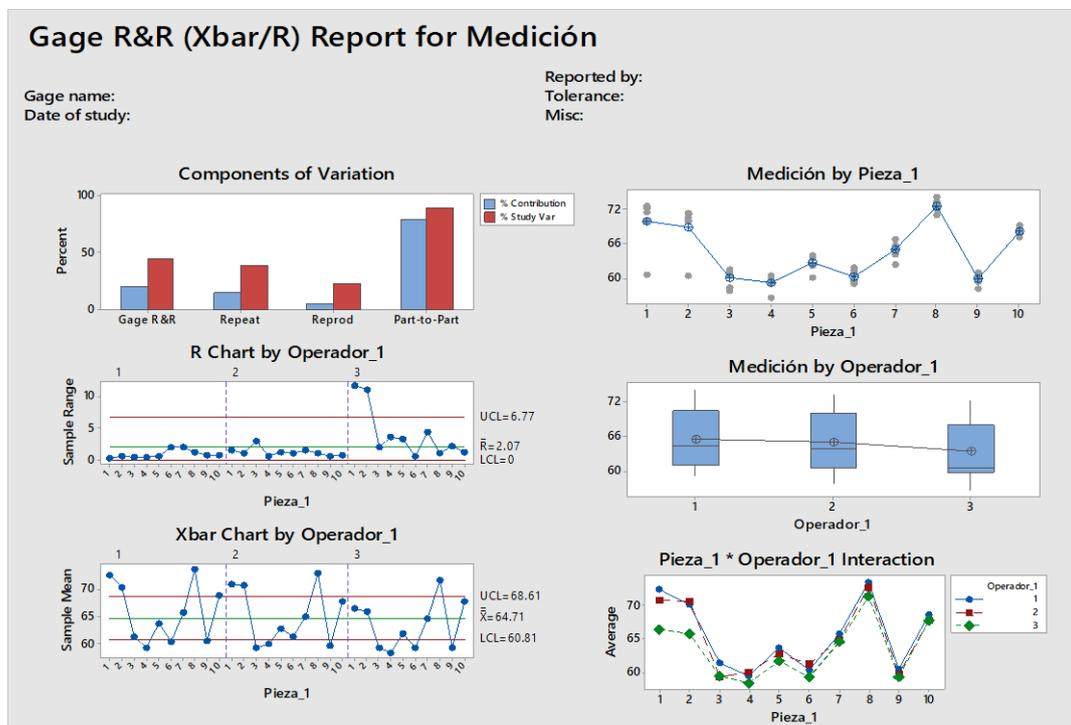


Gráfico N° 27: Reporte de Medición

Fuente: Elaboración Propia

El gráfico de operadores muestra que el operador N° 3 es el que presenta mayor problema con el sistema de medición, ya que las medidas tomadas tienen una variación significativa. Por otro lado, el operador N° 1 es el que presenta un mejor manejo de la herramienta de medición (Vernier), de esta forma el será el indicado para la colaboración en toma de muestras.

Gage R&R Study - XBar/R Method

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	4.5440	20.45
Repeatability	3.3762	15.19
Reproducibility	1.1678	5.26
Part-To-Part	17.6787	79.55
Total Variation	22.2228	100.00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	2.13167	12.7900	45.22
Repeatability	1.83744	11.0247	38.98
Reproducibility	1.08066	6.4840	22.92
Part-To-Part	4.20461	25.2277	89.19
Total Variation	4.71410	28.2846	100.00

De los gráficos estadísticos mostrados, se puede concluir que el 20.45 % de toda la variación del proceso se le puede atribuir al sistema de medición. Tomando en cuenta la tabla consecutiva se puede concluir que el sistema de medición de la empresa es marginal.

Es decir, la contribución a la variación del sistema de medición está empezando a nublar los resultados. Es deseable mejorar el sistema. Sin embargo, tomando como base ISO 5725-2:1994 si la reproducibilidad esta entre el 10 % y el 30 % de la repetibilidad ($0,1 \cdot r < R < 0,3 \cdot r$), se considera que la reproducibilidad entre las diferentes condiciones puede ser aceptable en base a la importancia de la aplicación, costo del equipo de medición, costo del servicio de calibración o reparación, etc.

% de Variación	Interpretación
≤ 10 %	Buen sistema de medición. La contribución a la variación del sistema de medición es suficientemente pequeña para permitir buenas decisiones de las mediciones.
11 ≥ % var. R&R ≤ 29 %	Sistema de medición marginal. La contribución a la variación del sistema de medición está empezando a nublar los resultados. Mejorar el sistema, entrenando operadores, estandarizando procedimientos e investigando nuevo equipo de medición.
≥ 30 %	Sistema de medición inaceptable. No se pueden tomar decisiones importantes de las mediciones. El sistema de medición debe ser corregido, investigar causas de las inconsistencias.

Tabla N° 08: Interpretación de R&R

Fuente: Instituto de la Calidad - 2017

Los datos obtenidos mediante R&R serán documentados en la siguiente ficha:

	Ficha N° 2 Índice de Reproducibilidad y Repetibilidad				Fecha:	15/06/2017
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial		Indicador	
	Área		Área de Mecanizado		$r = \sqrt{[Sr^2]} = \sqrt{[\sum Sw^2/p]}$	
	Evaluador		Flores Gomeró, Judith Esmeralda		$R = \sqrt{[SL^2]} = \sqrt{[Sm^2 - Sr^2/n]}$	
N° de pieza	Operador A		Operador B		Operador C	
	1	2	1	2	1	2
1	72.4	72.6	71.6	70.0	72.2	60.6
2	70.6	70.0	71.2	70.2	71.4	60.4
3	61.6	61.2	60.8	57.8	60.4	58.4
4	59.6	59.2	60.4	59.8	56.6	60.2
5	64.0	63.4	62.2	63.4	60.2	63.4
6	61.4	59.4	61.8	60.8	59.6	59.0
7	66.8	64.8	65.8	64.2	66.8	62.4
8	74.2	73.0	73.4	72.4	72.0	71.0
9	60.2	61.0	60.0	59.4	58.2	60.4
10	69.2	68.4	68.2	67.4	67.2	68.4
Total	Reproducibilidad		5.26	Repetibilidad		15.19

Tabla N° 09: Ficha Índice R&R

Fuente: Elaboración propia

c) Capacidad y desempeño del proceso

Mediante la medición de la capacidad de proceso, se podrá conocer la amplitud de la variación del proceso de una característica de la calidad otorgada. Esto permite saber si esta característica cumple con las especificaciones. Para ello la capacidad de proceso resulta de dividir el

ancho de las especificaciones (Límite superior – Límite inferior) entre la amplitud de la variación natural del proceso.

En la siguiente tabla se presentará la capacidad de proceso tomada en 4 días. En la primera y segunda fecha se toma la muestra de 8 días cada una (80 piezas); y en la tercera y cuarta fecha se toma la muestra de 7 días cada una (70 piezas).

Ficha N°03 Capacidad del proceso			
	Entidad	Fusión Mecánica Industrial S.A.C.	
	Área	Área de Mecanizado	Indicador
	Evaluador	Flores Gómero, Judith Esmeralda	
	Fecha	Desde	15/06/2017
Hasta		19/07/2017	
Fecha	Capacidad de proceso		
23/06/2017	0.18		
04/07/2017	0.22		
11/07/2017	0.22		
19/07/2017	0.27		

Tabla N° 10: Capacidad del proceso

Fuente: Elaboración propia

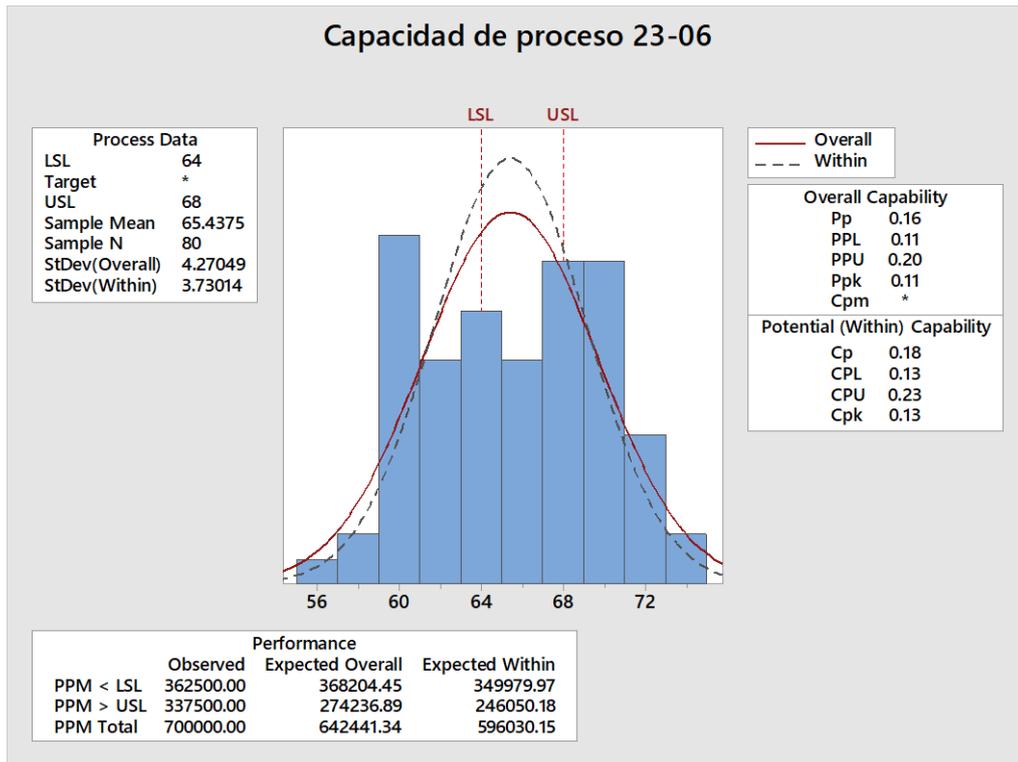


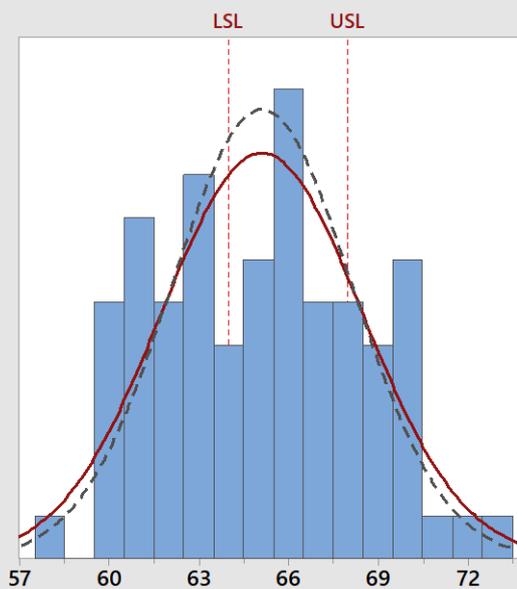
Gráfico N°28: Capacidad del proceso 23-06

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra que la curva no se encuentra centrada y que hay datos dispersos entre 68 mm y 72 mm en su gran mayoría.

Capacidad de proceso 04-07

Process Data	
LSL	64
Target	*
USL	68
Sample Mean	65.11
Sample N	80
StDev(Overall)	3.35961
StDev(Within)	3.03438



—	Overall
- - -	Within

Overall Capability	
Pp	0.20
PPL	0.11
PPU	0.29
Ppk	0.11
Cpm	*

Potential (Within) Capability	
Cp	0.22
CPL	0.12
CPU	0.32
Cpk	0.12

	Performance		
	Observed	Expected Overall	Expected Within
PPM < LSL	412500.00	370550.62	357254.40
PPM > USL	237500.00	194834.28	170442.66
PPM Total	650000.00	565384.90	527697.06

Gráfico N°29: Capacidad del proceso 04-07

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de proceso 11-07

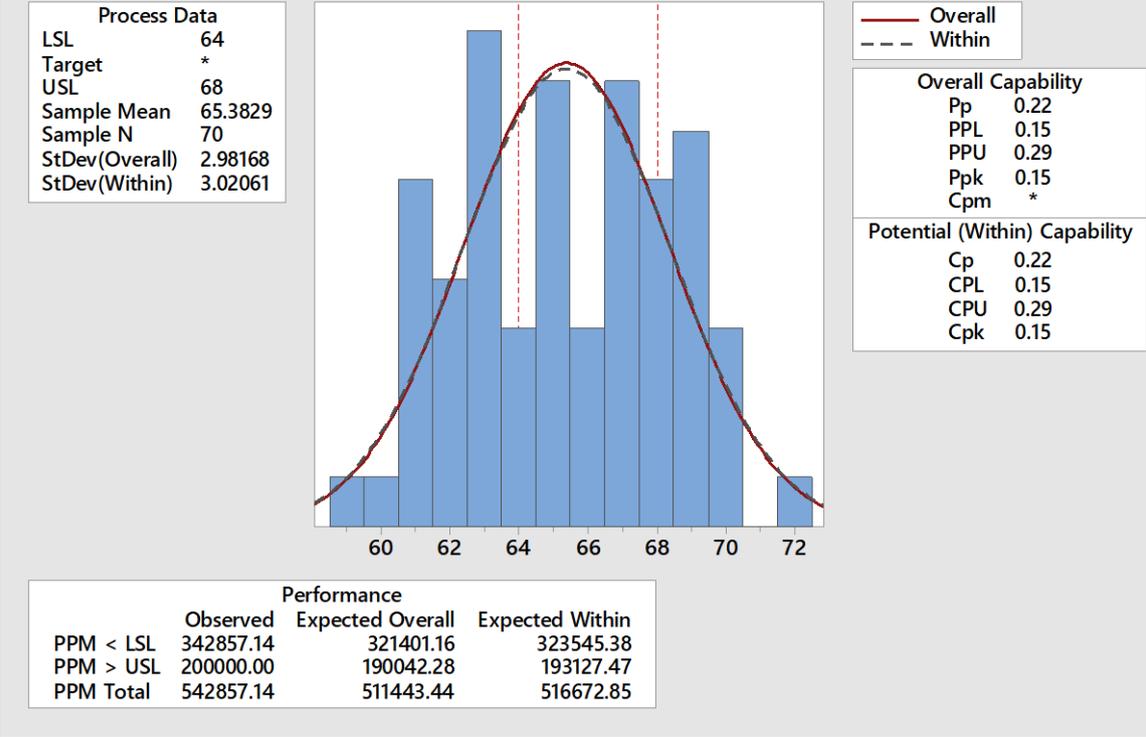


Gráfico N°30: Capacidad del proceso 11-07

Fuente: Elaboración propia

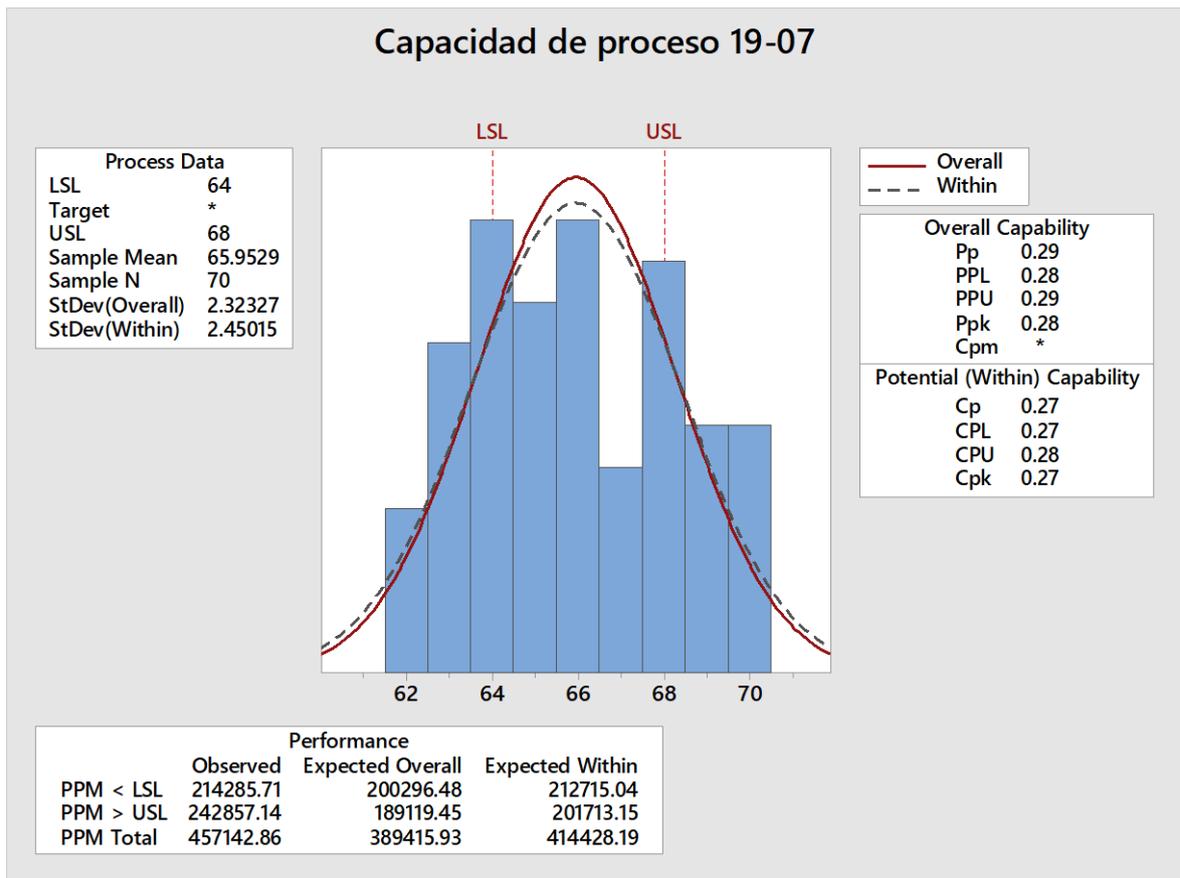


Gráfico N°31: Capacidad del proceso 19-07

Fuente: Elaboración propia

2.7.3.3 Analizar

En esta etapa se identifican las X potenciales que están influyendo en los problemas de Y1, ya que a partir de esto es posible identificar las pocas X vitales. En el caso del proyecto que nos ocupa, partiendo de los estudios de la fase anterior, las causas potenciales se generaron mediante lluvia de ideas y se organizaron en el diagrama causa- efecto, donde se despliegan los factores que podrían estar influyendo en la variación del diámetro de la pieza de acero. Con base en la discusión del grupo y los altos problemas de control detectados, el equipo del proyecto se inclina por atribuir el problema principalmente a cuestiones de los métodos utilizados en el proceso de

mecanizado. Una de las hipótesis planteadas es que el exceso de variabilidad de la medida del diámetro no solo ocurre con las piezas cilíndricas de acero. Sino también en diferentes piezas de acero que presentan el mismo problema en geometría y calidad de la superficie de la pieza.

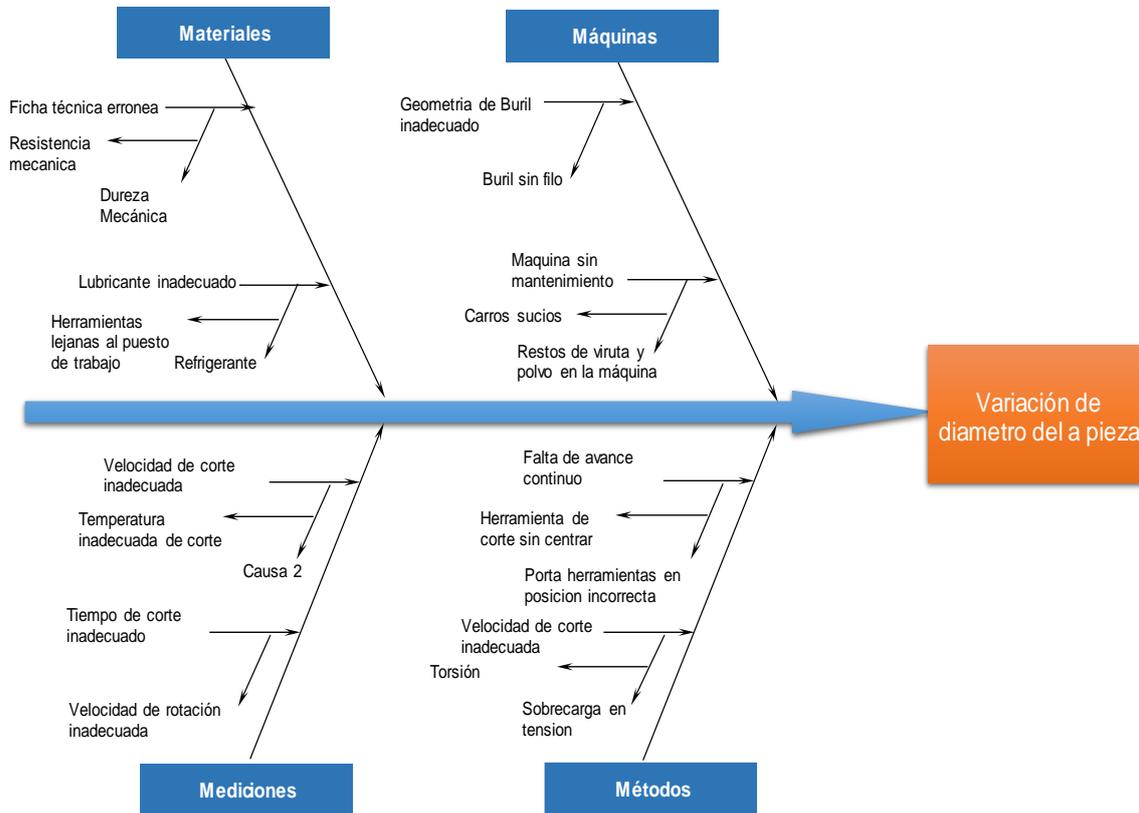


Gráfico N°32: Ishikawa Área de mecanizado

Fuente: Elaboración propia

Luego de la selección de las X's, se define que la mejor solución para el problema de diámetro es la implementación de TPM. Por lo tanto, esto es lo que se utilizará para disminuir la variación de diámetro de la pieza, mejorar la capacidad de proceso y rendimiento del mismo.

2.7.3.4 Implementar

2.7.3.4.1 Implementación del TPM

Para la implementación del Total Productive Maintenance (TPM) será necesario capacitar a todo el personal con los principios básicos de la herramienta. La gerencia deberá otorgar a las personas involucradas un documento previo con información sobre el beneficio que se consigue a través de la aplicación de la herramienta. Además, se planificará el desarrollo de capacitaciones mediante talleres teóricos y prácticos.

a) Mantenimiento autónomo

- ✓ **Se realizará una capacitación a todo el personal del área de mecanizado sobre la importancia del mantenimiento del torno.** Además, de un entrenamiento para la limpieza y buen uso de la misma. El mantenimiento autónomo es aquel en el que cualquier persona u operario sin tener un conocimiento amplio del equipo o maquinaria pueda ejercer el cargo de mantenerla. Para ello será necesario conocer las partes de la máquina, con la finalidad de saber cómo cuidarlas.

Pieza	Descripción	Tipo de Mantenimiento
Bancada	Es la pieza principal del torno .Es una pieza compacta hecha de hierro fundido. Propocion un marco rígido en la cuela se montan los principales componentes.	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo ya que es la principal , sin esta pieza es imposible trabajar .Por lo tanto, es indispensable lubricarla para su buen funcionamiento.
Cabezal	Está montado en una posición fija en las vías internas , en el extremo izquierdo. Usando un mandril (plato de garras independientes) , se encarga de la revolución de la pieza según diferentes velocidades accionadas por palancas exteriores.	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo para reducir el desgaste de la pieza y el rozamiento.
Cabezal fijo	Sirve para el soporte de las piezas	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo.
Cabezal móvil	Tiene como función sostener las piezas que giran cuando tiene una gran longitud.Sirve para el prensado de las piezas junto con el plato de garras independientes(mandril)	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo.
Carro longitudinal	Es el que guía la herramienta de corte.	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo. Debe estar siempre lubricada y sin oxidación para evitar el paro del equipo.
Carro transversal	Esta pieza puede tener un movimiento longitudinal y transversal	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo para evitar el contacto metálico.
Plato de garras independientes	Es utilizada para la sujeción de piezas de forma irregular. Cuenta con 4 garras , cada una acciona de forma independiente.	Esta pieza recibe mantimientto preventivo. Sin embargo, podría usarse mantenimiento correctivo de ser necesario.
Contrapunto	El contrapunto es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos	Esta pieza recibe mantenimiento preventivo.
Circuito de refrigeración	Las maquinas en general cuentan con un circuito de refrigeracion para normalizar la elevadas temperaturas.	Esta pieza recibe mantimientto preventivo. Sin embargo, podría usarse mantenimiento correctivo de ser necesario.
Circuito eléctrico	Es la fuente de poder integrada por el cable de alimentación principal e interruptores de límite.	Esta pieza recibe mantimientto preventivo. Sin embargo, podría usarse mantenimiento correctivo de ser necesario.

Tabla N°11: Descripción de las piezas del Torno

Fuente: Elaboración propia

Luego de saber la descripción de las piezas del torno y el tipo de mantenimiento necesario para su buen funcionamiento.

Pieza	Mantenimiento
Bancada	Debe limpiarse constantemente la rebaba , viruta y quitar el derrame de refrigerante con un aceite de poca viscosidad.Para evitar que el equipo se oxide con la fricción del metal, se realiza el mismo procedimiento en las guías y además se le unta grasa.
Cabezal	El depósito de lubricacion debe estar lleno continuamente hasta el nivel indicado. Debe cambiarse periodicamente cada 6 meses. El cabezal fijo y móvil deben engrasarse cada 10 horas de trabajo.
Cabezal fijo	Debe mantenerse con una lubricación constante, el sistema de engranaje debe estar lubricado con grasa y las bandas deben monitorearse constantemente para evitar la cuarteduras.
Cabezal móvil	El mantenimiento es mediante la lubricación con grasa aplicada directamente a los cojinetes para evitar su desgaste y facilitar el libre giro.
Carro transversal y longitudinal	Para evitar la adhesion de la viruta, debe limpiarse las guías que indican la dirreccion y sentido. La limpieza se realiza con una brocha y aceite con la finalidad de limpiar ylubricar simultaneamente.
Contrapunto	Una vez al año es necesario verificar la alienación del contrapunto central con el centro del cabezal para generar una mayor precisión. La alienación se realiza mediante el ajuste de una barra paralela entre los centros y con un indicador de cuadrante . Además , se debe engrasar 2 puntos cada 20 horas aprox.
Circuito de refrigeración	El tanque debe ser verificado y según el nivel en el que se encuentre , recargarlo.Debe vaciarse el tanque y llenarlo con refrigerante nuevo cada 4 meses. El tanque de refrigeracion debe encontrarse sin sólidos y mantenerse siempre limpio.
Circuito eléctrico	Verificar el cable principal para conocer sus condiciones. Además, verificar las condiciones de todos los iterruptores. Si está dañado , repararse o reemplazarse.

Tabla N°12: Mantenimiento de las piezas de torno

Fuente: Elaboración propia

b) Mantenimiento preventivo

Para tener un control sobre el programa de mantenimiento preventivo debe realizarse reporte del procedimiento utilizando herramientas de control:

✓ Registro código de maquinaria

Se le asigna un código a la maquinaria con la finalidad de asignarle un programa de mantenimiento de forma simplificada.

Pieza	Código
Bancada	BA01
Cabezal	CA01
Cabezal fijo	CA02
Cabezal móvil	CA03
Carro transversal y longitudinal	CA04
Contrapunto	CO01
Circuito de refrigeración	CI01
Circuito eléctrico	C102

Tabla N°13: Codificación de la maquinaria

Fuente: Elaboración propia

✓ Historial de fallas

Nos brindará información de las reparaciones que se han realizado en la máquina y en las piezas. Además, ayudará a encontrar fallas sistemáticas que permitirá elegir el omento indicado para su reposición. **(Anexo 11)**

c) Adiestramiento del mantenimiento

- ✓ **Revisión periódica de los programas de mantenimiento**

Será necesario realizar una verificación del programa de mantenimiento teniendo en cuenta esta acorde a las necesidades de la producción y maquinaria.

- ✓ **Revisión de los programas de producción**

Las necesidades del programa de producción deben estar acorde con la disponibilidad del departamento de mantenimiento

d) Acciones a tomar

- ✓ **Adquisición de una pieza**

Se pudo observar que el cabezal fijo muestra deficiencias en la sujeción de las piezas. Teniendo en cuenta que la maquinaria tiene una antigüedad de 15 años. La adquisición de 1 cabezal fijo en uno de los tornos, disminuiría la cantidad de productos defectuosos y/o reproceso de los mismos.

- ✓ **Mantenimiento de los accesorios**

Si bien se presenta el mantenimiento de las piezas de la máquina una parte fundamental de la misma es el mantenimiento de los accesorios que generan un cambio en el diámetro de las piezas. El mantenimiento y cambio de los buriles permitirá un mayor funcionamiento del torno y acabado de la pieza.

2.7.3.4 Controlar

En esta etapa se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales) y se cierra el proyecto. Las acciones de control se dan en tres niveles: proceso, documentación y monitoreo. Primero el proceso se modificó de acuerdo con las soluciones propuestas. En particular, se implementaron medidas TPM para controlar de manera adecuada la variable en las condiciones de operación propuestas. Además, se modificaron los procedimientos de trabajo correspondientes. En cuanto a los cambios relacionados con el monitoreo del proceso, también se implementaron cartas de control de medias y rangos, basadas en muestras de tamaño diez por día, para monitorear el comportamiento del esfuerzo.

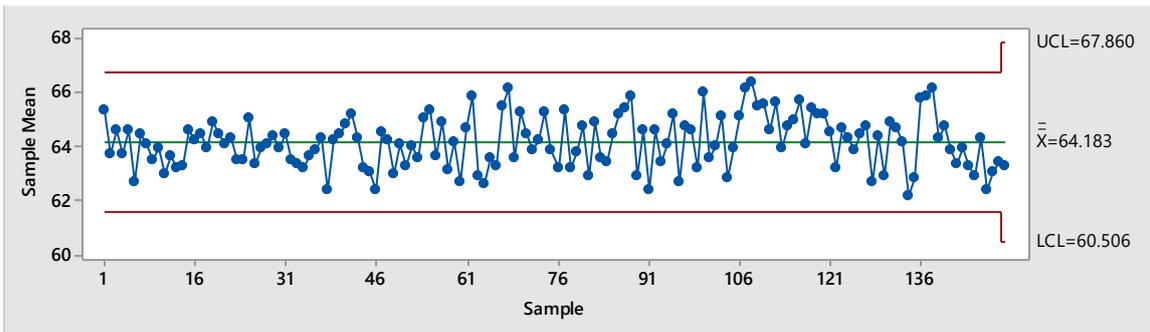


Gráfico N°33: Xbar- R después de la implementación

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico puede concluirse que a pesar de que hay una gran variación debido a la pronta implementación del TPM, las medidas del diámetro de las piezas se encuentran dentro de las especificaciones. La gráfica de control se realizará mensualmente para tener una cantidad suficiente de datos y tomar las medidas adecuadas como solución.

2.7.4 Análisis costo – beneficio

Los recursos económicos destinados para el siguiente proyecto serán a través de la aplicación de TPM para la mejora del área de mecanizado. La propuesta de mejor tiene una inversión asignada la cual busca recuperar el dinero a largo plazo mediante un ahorro en la empresa. De esta manera, se tomará en cuenta los gastos generados para cumplir con las diversas tareas.

2.7.4.1 Gastos en la implementación de Six Sigma

a) Formatos

En este punto se mencionará los costos para los formatos y útiles de oficina necesarios para la implementación de Six Sigma y el programa TPM.

- Impresión y costo de hoja = S/0.10
- Formato Requerimientos del producto diarios = 2 formatos
- Formatos TPM diarios = 3 formatos
- Inversión mensual = s/ 13.00
- Inversión Anual = S/156. 00

b) Infraestructura y adicionales

Para mejorar el proceso de mecanizado y evitar los defectos en la pieza será necesario la adquisición de una nueva cuchilla y la instalación de un armario de herramientas cerca del torno para un mayor mantenimiento de este.

- Armario para herramientas y repuestos = S/ 550
- Cabezal fijo = S/ 9728
- Buril para torno cada mes = S/ 25
Total, invertir (12 meses) = S/300
- Lubricante industrial mensual = S/100
Total, invertir (12 meses) = S/ 1200
- Refrigerante industrial = S/ 110
Total Invertir (cada 4 meses) = S/ 330

c) Capacitación TPM

Es necesario capacitar al personal por cada periodo en TPM para asegurar que el plan se está cumpliendo de manera óptima. Para ello podría contratarse a un especialista encargado de brindar consultoría y realizar un programa mensual durante 6 meses.

- Costo de capacitación mensual = S/ 200
Total invertir (12 meses) = S/ 1200

d) Asistente de Calidad

- Salario Mensual = S/. 1200
- Gratificaciones (Anual)= S/. 2400
- Total a invertir (12 meses) = 16 800

INVERSIÓN ANUAL	
Formatos	S/. 156
Cabezal Fijo	S/ 9728
Armario para herramientas y repuestos	S/. 550
Buril para torno	S/. 300
Lubricante Industrial	S/.1200
Refrigerante Industrial	S/. 330
Capacitación Anual	S/. 1200
Asistente de Calidad	S/. 16 800
Total	S/.30 264

Tabla N°14: Inversión Anual

Fuente: Elaboración propia

2.7.4.2 Evaluación de la Propuesta

La evaluación de la propuesta se realizará en base a la inversión generada mensualmente y el ahorro del mismo. El ahorro mensual será en base a la diferencia de la cantidad de defectos del antes - después de la implementación, siendo este de 120 unidades mensuales. El costo por defecto es de s/50.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversion	11816	1538	1538	1538	1538	2738	1338	1338	1338	1338	1338	2538
Ahorro	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000	6000
Flujo	-5816	4462	4462	4462	4662	3262	4662	4662	4662	4662	4662	3462

Tabla N°15: Flujo Neto del proyecto

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como referencia un COK del 13.34 %, según Mora C. Cesar plantea en su proyecto profesional “Propuesta e mejora de los procesos de control de la calidad en la fabricación de tubos de acero estructurales en una empresa metalmecánica – 2013”

✓ $VAN = S/. 16\ 478.55$

✓ $TIR = 76\%$

Teniendo como resultado un $VAN > 0$ se deduce que el proyecto genera beneficio con una tasa interna de retorno de 76%

III. RESULTADOS

3.1 Análisis Descriptivo

3.1.1 Cumplimiento de los Requerimientos

Para el análisis descriptivo de la variable cumplimiento de los requerimientos se utilizará SPSS para mostrar los estadísticos de frecuencia.

		Estadísticos	
		Requerimiento. Antes	Requerimiento. Después
N	Válido	30	30
	Perdidos	0	0
Media		,4722	,7167
Mediana		,5000	,8333
Moda		,50	1,00
Desviación estándar		,16999	,26316
Varianza		,029	,069
Rango		,67	,67
Mínimo		,17	,33
Máximo		,83	1,00
Suma		14,17	21,50

Tabla N° 16: Análisis Descriptivo - Cumplimiento de Requerimientos

Fuente: Elaboración propia

La base de datos no presenta para esta variable ningún valor perdido, de forma que las 30 observaciones son todas válidas.

La tabla muestra los datos de frecuencia de la muestra durante los 30 días de producción. El promedio del índice de cumplimiento del requerimiento antes era de 0,4722 y después es de 0,7167; esto indica que los datos en promedio tienen una estimación 0,72. Por otro lado, en la primera medición del índice de los requerimientos el 50% de datos se encontraban antes de 0,50 y el otro 50% se encontraban después. La mediana en la segunda medición del índice de los requerimientos es de 0,83. La moda, es decir el dato con mayor frecuencia en la primera medición es de 0,50; mientras que en la segunda medición es de 1,00.

Las medidas de posición mediana y moda después indican el valor central de la distribución, mientras que la media es ligeramente menor a ellas; en este caso aproximadamente coinciden los tres estadísticos en el valor 0,5. Esto significa que la distribución es ligeramente asimétrica negativa y que la valoración media del índice de cumplimiento del requerimiento no es ni buena ni mala.

Las medidas de posición mediana, moda y media indican un valor diferente de la distribución, Esto significa que la distribución es asimétrica negativa y que las valoraciones medias del índice de cumplimiento del requerimiento se reúnen más en la parte derecha de la media.

La desviación estándar antes es de 0,16999 la cual muestra la variabilidad de los datos, es decir la cercanía de los valores de un conjunto de datos a la media. La desviación estándar después es de 0,26316, con esto podemos concluir que en la segunda medición la variabilidad es mayor a raíz del cumplimiento del requisito medidas solicitadas.

Antes

REQUERIMIENTO.ANTES					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,17	2	6,7	6,7	6,7
	,33	9	30,0	30,0	36,7
	,50	14	46,7	46,7	83,3
	,67	2	6,7	6,7	90,0
	,83	3	10,0	10,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Tabla N°17: Frecuencia Requerimiento Antes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y se afirma que la moda es de 0,50 representando el 46,7% de todos los datos. Por otro lado, el segundo valor con mayor frecuencia es el de 0,33 que en la ficha representa el cumplimiento de 2 de los requisitos solicitado.

Después

REQUERIMIENTO.DESPUES				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido ,33	6	20,0	20,0	20,0
,50	5	16,7	16,7	36,7
,67	3	10,0	10,0	46,7
,83	6	20,0	20,0	66,7
1,00	10	33,3	33,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Tabla N°18: Frecuencia Requerimiento Después

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y se afirma que la moda es de 1,00 representando el 33,3% de todos los datos. Por otro lado, el segundo valor con mayor frecuencia es el de 0,83 que en la ficha representa el cumplimiento de 5 de los requisitos solicitado.

3.1.2 Repetibilidad y Reproducibilidad

Se utilizará gráfico de barras de Minitab para representar el índice de repetibilidad y reproducibilidad antes y después de la implementación de Six Sigma.

Antes

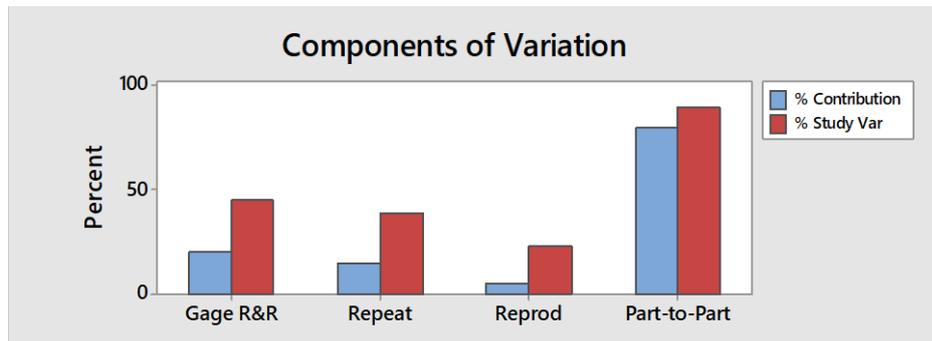


Gráfico N°34: Componentes de variación R&R - antes

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar mediante el gráfico de barras que el porcentaje de repetibilidad es alto, mientras que el de reproducibilidad está en un punto no óptimo. La variación de medición se debe a problemas de calibración. El sistema de medición no es óptimo.

Después

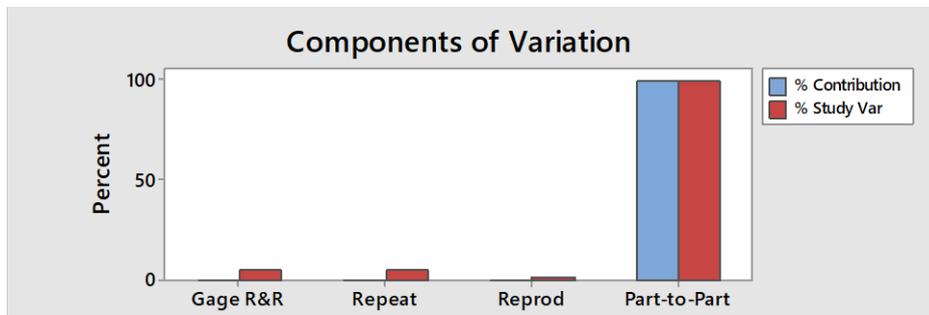


Gráfico N°35: Componentes de variación R&R – después

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar mediante el gráfico de barras que el porcentaje de repetibilidad es bajo, mientras que el de reproducibilidad está en un punto óptimo. Por lo tanto, se deduce que el sistema de medición es óptimo.

3.1.3 Índice de capacidad del proceso

Para el análisis descriptivo de la variable capacidad de proceso se utilizará SPSS para mostrar los estadísticos de frecuencia.

Estadísticos			
		CP. Antes	CP. Después
N	Válido	4	4
	Perdidos	0	0
Media		,1125	,2600
Mediana		,1100	,2600
Moda		,11	,25
Desviación estándar		,02062	,01155
Varianza		,000	,000
Rango		,05	,02
Mínimo		,09	,25
Máximo		,14	,27
Suma		,45	1,04

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla N°19: Frecuencia Capacidad de proceso

Fuente: Elaboración propia

La base de datos no presenta para esta variable ningún valor perdido, de forma que las 4 observaciones son todas válidas.

La tabla muestra los datos de frecuencia del índice de capacidad de proceso. El promedio del índice de capacidad de proceso antes era de 0,1125 y después es de 0,2600. Por otro lado, en la primera medición del índice de la capacidad del proceso el 50% de datos se encontraban antes de 0,1100 y el otro 50% se encontraban después. La mediana en la segunda medición del índice de los requerimientos es de ,2600. La moda, es decir el dato con mayor frecuencia en la primera medición es de 0,11; mientras que en la segunda medición es de 0,25.

Las medidas de posición media, mediana y moda antes indican el valor central de la distribución; en este caso aproximadamente coinciden los tres estadísticos en el valor 0,11. Esto significa que la distribución es simétrica y que la valoración media del índice de capacidad de proceso es ni buena.

Las medidas de posición media y mediana después indican el valor central de la distribución, mientras que la moda es ligeramente mayor a ellas; en este caso aproximadamente coinciden los tres estadísticos en el valor 0,26. Esto significa que la distribución es ligeramente asimétrica positiva y que la valoración media del índice de capacidad de proceso no es ni buena ni mala.

La desviación estándar antes es de 0,02062 la cual muestra la variabilidad de los datos, es decir la cercanía de los valores de un conjunto de datos a la media. La desviación estándar después es de 0,01155, con esto podemos concluir que en la segunda medición la variabilidad es menor.

Antes

Capacidad de proceso – antes					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,09	1	25,0	25,0	25,0
	,11	2	50,0	50,0	75,0
	,14	1	25,0	25,0	100,0
	Total	4	100,0	100,0	

Tabla N°20: Capacidad de proceso - antes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y se afirma que la moda es de 0,11 representando el 50% de todos los datos.

Después

Capacidad de proceso – después					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,25	2	50,0	50,0	50,0
	,27	2	50,0	50,0	100,0
Total		4	100,0	100,0	

Tabla N°21: Capacidad de proceso - después

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y se afirma que la moda es 0,25 representando el 50% de los valores, a pesar de que existe la misma cantidad en el valor 0,27.

3.1.4 Rendimiento del proceso

Para el análisis descriptivo de la variable capacidad de proceso se utilizará SPSS para mostrar los estadísticos de frecuencia

Estadísticos			
		Rendimiento - Antes	Rendimiento- después
N	Válido	4	4
	Perdidos	0	0
Media		,4750	,8750
Mediana		,4650	,8700
Moda		,36 ^a	,84 ^a
Desviación estándar		,10472	,03416
Rango		,25	,08
Mínimo		,36	,84
Máximo		,61	,92

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

Tabla N°22: Rendimiento del proceso

Fuente: Elaboración propia

La base de datos no presenta para esta variable ningún valor perdido, de forma que las 4 observaciones son todas válidas. La tabla muestra los datos de frecuencia del índice de rendimiento del proceso. El promedio del índice de rendimiento del proceso antes era de 0,4750 y después es de 0,8750. Por otro lado, en la primera medición del índice de rendimiento del proceso el 50% de datos se encontraban antes de 0,4650 y el otro 50% se encontraban después. La mediana en la segunda medición del índice de los requerimientos es de 0,87. La moda, es decir el dato con mayor frecuencia en la primera medición es de 0,36; mientras que en la segunda medición es de 0,84.

Las medidas de posición media, mediana antes se encuentran ligeramente relacionadas al valor central de la distribución 0,475; mientras que la moda es mayor a ellas. Esto significa que la distribución es asimétrica positiva y que los valores en la curva tienen una inclinación a la izquierda. Las medidas de posición media, mediana después se encuentran ligeramente relacionadas al valor central de la distribución 0,87; mientras que la moda es mayor a ellas. Esto significa que la distribución es asimétrica positiva y que los valores en la curva tienen una inclinación a la izquierda.

La desviación estándar antes es de 0,10472 la cual muestra la variabilidad de los datos, es decir la cercanía de los valores de un conjunto de datos a la media. La desviación estándar después es de 0,03416, con esto podemos concluir que en la segunda medición la variabilidad es menor.

Antes

Rendimiento del proceso – antes					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,36	1	25,0	25,0	25,0
	,44	1	25,0	25,0	50,0
	,49	1	25,0	25,0	75,0
	,61	1	25,0	25,0	100,0
	Total	4	100,0	100,0	

Tabla N°23: Frecuencia Rendimiento del proceso - antes

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y cada uno presenta el mismo porcentaje del total de distribución.

Después

Rendimiento del proceso – después				
	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	,84	1	25,0	25,0
	,86	1	25,0	50,0
	,88	1	25,0	75,0
	,92	1	25,0	100,0
Total		4	100,0	100,0

Tabla N°24: Frecuencia Rendimiento del proceso - después

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se presenta los valores y cada uno presenta el mismo porcentaje del total de distribución.

3.2 Análisis Inferencial

3.2.1. Análisis de la hipótesis general

H_a: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a la serie de la Calidad antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 4, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
CALIDAD.ANTES	,954	4	,744
CALIDAD.DESPUES	,945	4	,687

Tabla N°25: Prueba de normalidad - Calidad

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, se puede verificar que la significancia de la calidad de servicio antes tiene valor mayor a 0.05 y la calidad después es mayor a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión al obtener un resultado de datos paramétricos se procederá al análisis con el estadígrafo de TStudent.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

H_a: La implementación de la herramienta Six Sigma no mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_a \geq \mu_d$$

$$H_a: \mu_a < \mu_d$$

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
CALIDAD.ANTES	,0543	4	,02083	,01041
CALIDAD.DESPUES	,2252	4	,01534	,00767

Tabla N°26: Estadística de muestras emparejadas

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N° 26 de estadísticos de muestras relacionadas se puede verificar que la media “después” es mayor que la media “antes”, por consiguiente, según la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis del investigador. Por la cual queda demostrado que la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante la significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de TStudent a ambas Calidad.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $p_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Inferior				Superior	t	gl		
CALIDAD.ANTES - CALIDAD.DESPUES	-0.17091	0.02802	0.01401	-0.21550	-0.12632	-12.199	3	0.001

Tabla N°27: Prueba de muestras emparejadas

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, se puede verificar que la significancia de la prueba de TStudent, aplicada a la Calidad antes y después es de 0.001, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la calidad en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

3.2.2. Análisis de la primera hipótesis específica

H_a: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la capacidad del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

A fin de poder contrastar la hipótesis específica, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a la serie de la capacidad de proceso antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 4, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico

Si $p_{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
CP.ANTES	0.926	4	0.572
CP.DESPUES	0.729	4	0.024

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla N°28: Prueba de normalidad – Capacidad de proceso

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, se puede verificar que la significancia de la capacidad de proceso antes es mayor a 0.05, mientras que la capacidad de proceso después es mayor a 0.05; por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión al obtener un resultado no paramétrico y paramétrico se procederá al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La implementación de la herramienta Six Sigma no mejorará la capacidad del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

H_a: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la capacidad del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
CP.ANTES	4	,1125	,02062	,09	,14
CP.DESPUES	4	,2600	,01155	,25	,27

Tabla N°29: Estadísticos descriptivos – Capacidad de proceso

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla N°29 ,ha quedado demostrado que la media de la capacidad de proceso antes (0.1125) es menor que la media de la capacidad de proceso después (0,26), por consiguiente, no se cumple **H₀: $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$** , en tal razón se

rechaza la hipótesis nula de la implementación de la herramienta Six Sigma no mejorará la capacidad del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., por la cual queda demostrado que la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará la capacidad del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Ha: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

A fin de poder contrastar la hipótesis general, es necesario primero determinar si los datos que corresponden a la serie de rendimiento del proceso antes y después tienen un comportamiento paramétrico, para tal fin y en vista que las series de ambos datos son en cantidad 4, se procederá al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

Si $p_{valor} \leq 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento no paramétrico.

Si $p_{valor} > 0.05$, los datos de la serie tienen un comportamiento paramétrico.

	Pruebas de normalidad		
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
RENDIMIENTO.ANTES	0.986	4	0.938
RENDIMIENTO.DESPUES	0.971	4	0.850

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla N°30: Prueba de normalidad – Rendimiento del proceso

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, se puede verificar que la significancia del rendimiento del proceso antes y después tienen valores mayores a 0.05, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión al obtener un resultado de datos paramétricos se procederá al análisis con el estadígrafo de T Student.

Contrastación de la hipótesis general

H₀: La implementación de la herramienta Six Sigma no mejorará el rendimiento proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

H_a: La implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Regla de decisión:

$$H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$$

$$H_a: \mu_{Pa} < \mu_{Pd}$$

Estadísticas de muestras emparejadas				
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
RENDIMIENTO.ANTES	,4750	4	,10472	,05236
RENDIMIENTO.DESPUES	,8750	4	,03416	,01708

Tabla N°31: Estadísticas de muestras emparejadas – Rendimiento del proceso

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, ha quedado demostrado que la media de la rendimiento del proceso antes (0.4750) es menor que la media de la rendimiento del proceso después (0.8750), por consiguiente, no se cumple **H₀**: $\mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$, en tal razón se rechaza la hipótesis nula de la implementación de la herramienta Six Sigma no mejorará el rendimiento proceso en el área de mecanizado en la

empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., por la cual queda demostrado que a implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el rendimiento proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

A fin de confirmar que el análisis es el correcto, procederemos al análisis mediante la significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de TStudent a ambas Calidad.

Regla de decisión:

Si $\rho_{valor} \leq 0.05$, se rechaza la hipótesis nula

Si $\rho_{valor} > 0.05$, se acepta la hipótesis nula

	Prueba de muestras emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
				Inferior	Superior			
RENDIMIENTO.ANTES - RENDIMIENTO.DESPUES	-0.40000	0.13191	0.06595	-0.60990	-0.19010	-6.065	3	0.009

Tabla N°32: Prueba de muestras emparejadas – Rendimiento del proceso

Fuente: Elaboración propia

De la tabla, se puede verificar que la significancia de la prueba de TStudent, aplicada al Rendimiento del proceso antes y después es de 0.009, por consiguiente y de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la implementación de la herramienta Six Sigma mejorará el Rendimiento del proceso en el área de mecanizado en la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

IV DISCUSIÓN

- En relación al Antes - Después los resultados de la Tabla N°26 refieren que la implementación de la herramienta Six Sigma mejora la Calidad del área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Estos datos se ven respaldados con las afirmaciones de Barahona C. Leandro, Navarro I. Jessica, en su trabajo para optar el Título de Ingeniero Industrial: *“Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma - 2013”*, donde refiere que mediante la implementación de TPM se obtiene una mejora en la calidad de productos del proceso de galvanizado, se logra disminuir la capa de zinc de 330 g/m² a 274.7 g/m². Además, se logra reducir las paradas y las vibraciones de los equipos.

Estos datos nos reflejan que la implementación del TPM generará un ahorro anual y mejorará la calidad del producto definido.

Del mismo modo, estos resultados se ven confirmados con los de Villarreal U. Jessica, en su tesis: *“Mejora de la calidad en una empresa de confecciones empleando la metodología Six Sigma- 2016”*, quienes afirman que a través de la aplicación de la metodología Six Sigma se ha podido mejorar la calidad en una empresa de confecciones reduciendo el porcentaje de productos defectuosos en un 44%,9% más del objetivo planteado inicialmente, y a un día de atraso en la entrega de la producción. Además, se generó un ahorro anual en gastos de mano de obra.

Finalmente considero que esta investigación es un aporte que permitirá contribuir nuevos métodos de abordaje para la mejora de la calidad en el área determinada de una empresa y a futuras investigaciones.

- En relación al Antes - Después los resultados según la Tabla N° 29 refieren que la implementación de Six Sigma mejorará la capacidad de proceso en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Estos datos se ven respaldados con las afirmaciones de Moscoso C. Jesús y Yalan R. Adair, en su trabajo de investigación: *“Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles de la empresa MARPLAST utilizando Six Sigma basado en la metodología DMAIC – 2013”*, donde refiere que mediante la implementación de Six Sigma se obtiene una mejora en el índice de capacidad de proceso mostrando una gran alza gracias al conocimiento

que poseen los operarios a través de las capacitaciones; aumentando sus conocimientos y generando el cumplimiento de las especificaciones del producto.

Finalmente considero que esta investigación es un aporte que permitirá contribuir nuevos métodos de abordaje para la mejora de la capacidad del proceso en el área determinada de una empresa y a futuras investigaciones.

- En relación al Antes - Después los resultados según la Tabla N°31 refieren que la implementación de Six Sigma mejorará el rendimiento del proceso en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C.

Estos datos se ven respaldados con las afirmaciones de Sánchez R. Eduardo, en su tesis para optar el título de Ingeniero Industrial *“Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación en el Perú - 2005”*, donde refiere que mediante la implementación de Six Sigma se obtiene una mejora en el rendimiento del proceso a través de la comprensión del mercado y las operaciones.

Finalmente considero que esta investigación es un aporte que permitirá contribuir nuevos métodos de abordaje para la mejora del rendimiento del proceso en el área determinada de una empresa y a futuras investigaciones.

V. CONCLUSIONES

- La implementación de la herramienta Six Sigma mejora la capacidad de proceso en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., debido a que la media DESPUÉS es mayor que la media ANTES ($0.26 > 0.1125$), es decir antes de la mejora y el desarrollo de la propuesta el proceso no cumplía con las especificaciones del producto en base a la medida solicitada por el cliente. Además, se logró cumplir con los objetivos planteados en el proyecto; este nuevo nivel de desempeño generó ahorros directos que corresponden al costo de reprocesar.
- La implementación de la herramienta Six Sigma mejora el rendimiento del proceso en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., debido a que la media DESPUÉS es mayor que la media ANTES ($0.875 > 0.475$), es decir antes de la mejora y el desarrollo de la propuesta el proceso presentaba una gran cantidad de defectos obteniendo mediante la media de los valores un 1.44 (52 productos defectuosos de una producción de 100 unidades) del nivel Six Sigma a diferencia del después de la implementación un 2.65 de un nivel Six Sigma el cual indica que por cada 100 productos se obtendrá 12.5 productos defectuosos.
- Finalmente después de haber obtenido los resultados satisfactorios de los indicadores de estudio, se concluye que a implementación de la herramienta Six Sigma mejora calidad en el área de mecanizado de la empresa Fusión Mecánica Industrial S.A.C., debido a que la media DESPUÉS es mayor que la media ANTES ($0.2252 > 0.0543$), es decir antes de la mejora y el desarrollo de la propuesta el proceso no cumplía con la especificaciones y se generaba sobre costo a través de reproceso y productos defectuosos. Además, se concluye que mediante la implementación de la herramienta Six Sigma se generó un incremento de 315%

VI. RECOMENDACIONES

- Para mejorar la capacidad de proceso será necesario cumplir con el plan de mantenimiento otorgado previamente. De esta manera no se presentará problemas al realizar el tornado y se podrá cumplir con el principal problema de cumplimiento de especificación: medida solicitada.
- Con la finalidad de mejorar el rendimiento del proceso será necesario brindar mayor capacitación a los trabajadores. Además, podría utilizarse otra herramienta de Six Sigma, 5 s. De esta manera, podríamos alcanzar progresivamente alcanzar los 6 sigma y disminuir los productos defectuosos en el área
- Con la finalidad de mantener el nivel de Calidad logrado, será necesario continuar trabajando con la última fase de la metodología DMAIC: Controlar. De esta manera, se podrá monitorear periódicamente y de presentarse cualquier variación podrá realizarse acciones correctivas para asegurar la sostenibilidad del mejoramiento de la productividad.

VII. Referencias Bibliográficas

- Barahona Castillo, Leando y Navarro Infante, Jessica. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2013. *Disponible en* :
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4925>.
- Baptista, L. Pilar, Hernandez, S. Roberto, Fernandez, C. Carlos (2010) Metodología de la investigación Quinta edición. Mexico. McGraw Hill.
- Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. 3ª ed. Bogotá: Pearson Educación.
- Carro, R. y González, D. (2012). *Administración de las operaciones: Productividad y competitividad*. Universidad Nacional De Mar Del Plata. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Buenos Aires - Argentina. *Recuperado* *de:*
http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Castillo Castillo, Saúl. Gestión de la calidad total con enfoque en la metodología Seis Sigma. Caso de aplicación de herramientas operativas a empresas de fabricación de dispositivos médicos. Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico. México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, 2008.
Disponible en:
<http://www.cofepris.gob.mx/Documents/Bibliografias/Medicamentos/tesis2.pdf>
- De la vara S. Roman , Gutierrez, P. Humberto (2009) Control estadístico de calidad y seis sigma (2da edición). Mexico. McGraw-Hill co.

- Delgado de Smith, Yamile, Colombo Leyda y Rosmel Orfila (2002). Conduciendo la Investigación. Editorial Comala. Caracas.
- Fontalvo, H. José, Herrera, A. Roberto (2011) Seis Sigma: Métodos estadísticos y sus aplicaciones. *Recuperado de:* http://biblioteca.utec.edu.sv/siab/virtual/elibros_internet/55821.pdf
- Felsing, E. & Runza, P. (2002). *Productividad: Un estudio de Caso en un Departamento de Siniestros*. Universidad del CEMA. Tesina para maestría en dirección de empresas. Buenos Aires - Argentina. *Recuperado de:* [https://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsing MADE.pdf](https://www.ucema.edu.ar/posgrado-download/tesinas2002/Felsing_MADE.pdf)
- Hernandez, S. Roberto (2014) Metodología de la investigación sexta edición. Mexico. McGraw Hill.
- INEI (2016) Producción nacional, informe técnico. *Recuperado de:* https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe_produccion.pdf
- Mokate, Karen (1999) Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir?. *Recuperado de:* http://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/9/37779/gover_2006_03_eficacia_eficiencia.pdf
- Mora Cacho, Cesar Propuesta de mejora de procesos de control de calidad en la fabricación de tubos de acero estructurales en una empresa metalmecánica. Proyecto Profesional: Para optar el título de: Ingeniero Industrial. Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2013. *Disponible en*

http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/315000/2/mora_cc-pub-tesis.pdf

- Moreano Santos, Annabel Leonor. "Diseño para la Implementación de la Metodología Seis Sigma en una Línea de Producción de Queso Fresco". Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniera de Alimentos. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2009. *Disponible en:* <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/11388>

- Moscoso Chaparro, Jesus y Yalan Reyes, Adair. Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando six sigma. Tesis para optar el título profesional de ingeniero industrial. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, 2015. *Disponible en:* http://www.usmp.edu.pe/PFI/pdf/20132_7.pdf

- Pérez Serrano, Gloria. (1998). Investigación Cualitativa. Retos e Interrogantes Editorial la Muralla S.A. Madrid España.

- Portillo Echegoyen, Ruddy y Quintanilla Rodriguez, Alcir. Propuesta de aplicación de la filosofía Seis Sigma a las empresas certificadas con ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plásticos. Trabajo de graduación para optar al grado de ingeniero industrial. El Salvador. Universidad Don Bosco, Escuela de Ingeniería Industrial, 2004. *Disponible en:* http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/265/1/035046_tesis.pdf

- Reinoso Vasquez, George. Propuesta de mejora para la reducción de productos defectuosos en una planta de producción de neumáticos aplicando la metodología Six sigma. Tesis para optar el grado de Magister

- en Ingeniería Industrial con Mención en Gestión de operaciones. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, 2016
Disponible en: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/7517>
- Roqueme, S. Erika, Suarez, B. Leonardo (2015) Implementacion de la metodologia lean para el mejoramiento del area comercial de la pyme tres60 logistica. *Recuperado de:* <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13887/2/TRABAJO%20DE%20GRADO%20IMPLEMENTACION%20LEAN%20TRES60%20LOGISTICA.pdf>
 - Sanchez Ruiz, Alonso. Seis Sigma, filosofía de gestión de la calidad: estudio teórico y su posible aplicación en el Perú”. Tesis para optar el Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas. Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2005. *Disponible en:* https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1213/ING_427.pdf%3bjsessionid=70B33C4ECBA207D8BDF4F1EA2E9A7064?sequence=1
 - Tarí, T. Jose (2000) Calidad total: fuente de ventaja competitiva. *Recuperado de:* http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/13445/1/Tari_Guillo_Calidad_total.pdf
 - VARAS Acuña, Cristian Antonio. Aplicación de metodología DMAIC para la mejora de procesos y reducción de pérdidas en las etapas de fabricación de chocolate”. Memoria para optar al título de ingeniero en alimentos. Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, 2010. *Disponible en:* http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111645/varas_ca.PDF?sequence=1

- VAZQUEZ CERVANTES, Jaime Ignacio. Filosofía 6- sigma una metodología para mejorar la calidad de productos y servicios en el sector productivo. Tesis para obtener el título de Ingeniero Robótica Industrial. México. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica,2010.*Disponible en:*
<http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/47/Tesis%20%20Metodologia%206%20-seis%20sigma.pdf?sequence=1>
<http://www.biblioteca.org.ar/libros/133000.pdf>

ANEXOS

Anexo:01

Requerimiento del producto – Antes

Ficha N° 01 Requerimiento del Producto								
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial S.A.C.			Indicador		
	Area		Área de Mecanizado			Requerimiento cumplido		
	Evaluador		Flores Gómero, Judith Esmeralda			Requerimientos del cliente		
	Fecha		Desde	15/06/2017	Hasta	19/07/2017	30 días	
Requerimientos del Cliente	1	Cumple con el diseño previamente establecido			4	Cumple con la medida solicitada		
	2	Se utilizó el material solicitado			5	No presenta rugosidad		
	3	Supera el control de Calidad - ensayo no destructivo			6	Acabado superficial óptimo		
Fecha	1	2	3	4	5	6	Requerimientos Cumplidos	Índice
15/06/2017	X	X	X		X		4	0.67
16/06/2017	X	X	X				3	0.50
17/06/2017	X	X	X				3	0.50
19/06/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
20/06/2017	X	X	X				3	0.50
21/06/2017	X	X					2	0.33
22/06/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
23/06/2017	X	X					2	0.33
24/06/2017	X	X			X		3	0.50
26/06/2017	X	X	X				3	0.50
27/06/2017		X			X	X	3	0.50
28/06/2017	X	X					2	0.33
29/06/2017	X	X	X				3	0.50
30/06/2017		X	X				2	0.33
01/07/2017	X	X	X				3	0.50
03/07/2017	X	X			X	X	4	0.67
04/07/2017		X	X				2	0.33
05/07/2017		X					1	0.17
06/07/2017	X				X	X	3	0.50
07/07/2017		X	X				2	0.33
08/07/2017	X	X			X		3	0.50
10/07/2017		X					1	0.17
11/07/2017		X			X	X	3	0.50
12/07/2017	X	X	X				3	0.50
13/07/2017	X	X					2	0.33
14/07/2017	X	X	X		X	X	5	0.83
15/07/2017		X	X				2	0.33
17/07/2017		X			X	X	3	0.50
18/07/2017	X	X			X		3	0.50
19/07/2017	X	X					2	0.33

Anexo:02

Requerimiento del producto – Después

Ficha N° 01 Requerimiento del Producto								
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial S.A.C.			Indicador		
	Area		Área de Mecanizado			Requerimiento cumplido		
	Evaluador		Flores Gomeró, Judith Esmeralda			Requerimientos del cliente		
	Fecha		Desde	15/06/2017	Hasta	19/07/2017	30 días	
Requerimientos del Cliente	1	Cumple con el diseño previamente establecido			4	Cumple con la medida solicitada		
	2	Se utilizó el material solicitado			5	No presenta rugosidad		
	3	Supera el control de Calidad - ensayo no destructivo			6	Acabado superficial óptimo		
Fecha	1	2	3	4	5	6	Requerimientos Cumplidos	Índice
01/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
02/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
04/09/2017	X	X	X	X	X		5	0.83
05/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
06/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
07/09/2017	X	X		X	X		4	0.67
08/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
09/09/2017	X	X		X	X	X	5	0.83
11/09/2017	X	X		X	X		4	0.67
12/09/2017	X	X	X				3	0.50
13/09/2017	X	X		X	X	X	5	0.83
14/09/2017	X	X	X				3	0.50
15/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
16/09/2017	X	X	X				3	0.50
18/09/2017	X	X	X				3	0.50
19/09/2017	X	X		X	X	X	5	0.83
20/09/2017	X	X	X	X	X		5	0.83
21/09/2017	X	X					2	0.33
22/09/2017	X			X	X	X	4	0.67
23/09/2017	X	X	X	X		X	5	0.83
25/09/2017	X	X					2	0.33
26/09/2017	X	X					2	0.33
27/09/2017	X	X					2	0.33
28/09/2017	X	X					2	0.33
29/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
30/09/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
02/10/2017	X	X	X				3	0.50
03/10/2017	X	X					2	0.33
04/10/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00
05/10/2017	X	X	X	X	X	X	6	1.00

Anexo:03

Índice de Reproducibilidad y Repetibilidad – Antes

	Ficha N° 2 Índice de Reproducibilidad y Repetibilidad				Fecha:	15/06/2017
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial		Indicador	
	Área		Área de Mecanizado		$r = \sqrt{S_r^2} = \sqrt{[\sum S_w^2/p]}$	
	Evaluador		Flores Gómero, Judith Esmeralda		$R = \sqrt{S_L^2} = \sqrt{[S_m^2 - S_r^2/n]}$	
N° de pieza	Operador A		Operador B		Operador C	
	1	2	1	2	1	2
1	72.4	72.6	71.6	70.0	72.2	60.6
2	70.6	70.0	71.2	70.2	71.4	60.4
3	61.6	61.2	60.8	57.8	60.4	58.4
4	59.6	59.2	60.4	59.8	56.6	60.2
5	64.0	63.4	62.2	63.4	60.2	63.4
6	61.4	59.4	61.8	60.8	59.6	59.0
7	66.8	64.8	65.8	64.2	66.8	62.4
8	74.2	73.0	73.4	72.4	72.0	71.0
9	60.2	61.0	60.0	59.4	58.2	60.4
10	69.2	68.4	68.2	67.4	67.2	68.4
Total	Reproducibilidad		5.26	Repetibilidad	15.19	

Anexo:04

Índice de Reproducibilidad y Repetibilidad – Después

	Ficha N° 2 Índice de Reproducibilidad y Repetibilidad				Fecha:	01/09/2017
	Entidad		Fusión Mecánica Industrial		Indicador	
	Área		Área de Mecanizado		$r = \sqrt{S_r^2} = \sqrt{[\sum S_w^2/p]}$	
	Evaluador		Flores Gómero, Judith Esmeralda		$R = \sqrt{S_L^2} = \sqrt{[S_m^2 - S_r^2/n]}$	
N° de pieza	Operador A		Operador B		Operador C	
	1	2	1	2	1	2
1	64.9	64.9	64.9	64.9	64.9	64.7
2	65.8	65.8	65.8	65.8	65.8	65.8
3	65.2	65.2	65.2	65.2	65.2	65.0
4	62.3	62.3	62.3	62.5	62.3	62.5
5	64.9	64.9	64.9	64.9	64.9	64.7
6	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4	64.4
7	63.4	63.4	63.4	63.5	63.4	63.5
8	64.1	64.1	64.1	64.1	64.1	64.0
9	64.4	64.4	64.3	64.4	64.1	64.4
10	64.8	64.8	64.8	64.8	64.8	64.7
Total	Reproducibilidad		0.05	Repetibilidad	0.24	

Anexo:05

Índice de Capacidad de proceso – Antes

Ficha N°03 Índice Capacidad de proceso			
	Entidad	Fusión Mecánica Industrial S.A.C.	
	Área	Área de Mecanizado	Indicador
	Evaluador	Flores Gomero, Judith Esmeralda	
	Fecha	Desde	15/06/2017
Hasta		19/07/2017	
Fecha	Capacidad de proceso	Cp. Esperada	Índice
23/06/2017	0.18	2	0.09
04/07/2017	0.22	2	0.11
11/07/2017	0.22	2	0.11
19/07/2017	0.27	2	0.14

Anexo:06

Índice de Capacidad de proceso – Después

Ficha N°03 Índice de capacidad de proceso			
	Entidad	Fusión Mecánica Industrial S.A.C.	
	Área	Área de Mecanizado	Indicador
	Evaluador	Flores Gomero, Judith Esmeralda	
	Fecha	Desde	01/09/2017
Hasta		05/09/2017	
Fecha	Capacidad de proceso	Cp. Esperada	Índice
23/06/2017	0.53	2	0.27
04/07/2017	0.49	2	0.25
11/07/2017	0.50	2	0.25
19/07/2017	0.54	2	0.27

Anexo:07

Rendimiento del proceso – Antes

Ficha N° 04 Rendimiento del proceso			
	Entidad	Fusión Mecánica Industrial	Indicador
	Area	Área de Mecanizado	Disribución Normal Z1 - Distribución Normal Z2
	Evaluador	Flores Gomero, Judith Esmeralda	
Fecha	Distribución Normal Z1	Distribución Normal Z2	Indicador de Rendimiento de proceso
23/06/2017	0.73	0.37	0.36
11/07/2017	0.81	0.37	0.44
04/07/2017	0.81	0.32	0.49
19/07/2017	0.81	0.2	0.61

Anexo:08

Rendimiento del proceso – Después

Ficha N° 04 Rendimiento del proceso			
	Entidad	Fusión Mecánica Industrial	Indicador
	Area	Área de Mecanizado	Disribución Normal Z1 - Distribución Normal Z2
	Evaluador	Flores Gomero, Judith Esmeralda	
Fecha	Distribución Normal Z1	Distribución Normal Z2	Indicador de Rendimiento de proceso
09/09/2017	0.96	0.04	0.92
19/09/2017	0.93	0.05	0.88
27/09/2017	0.87	0.03	0.84
05/09/2017	0.91	0.05	0.86

Anexo: 09

Valores: Medida del diámetro de la pieza – Antes

N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor
1	72.4	53	72.6	105	71.6	158	70.0	211	69.0	264	62.9
2	70.6	54	70.0	106	71.2	159	70.2	212	67.5	265	67.4
3	61.6	55	61.2	107	60.8	160	57.8	213	67.9	266	62.1
4	59.6	56	59.2	108	60.4	161	59.8	214	65.1	267	68.4
5	64.0	57	63.4	109	62.2	162	63.4	215	67.1	268	62.5
6	61.4	58	59.4	110	61.8	163	60.8	216	64.8	269	70.0
7	66.8	59	64.8	111	65.8	164	64.2	217	67.1	270	63.3
8	74.2	60	73.0	112	73.4	165	72.4	218	66.3	271	68.4
9	60.2	61	61.0	113	60.0	166	59.4	219	64.3	272	67.8
10	69.2	62	68.4	114	68.2	167	67.4	220	62.1	273	65.1
11	72.2	63	69.6	115	68.6	168	67.6	221	64.7	274	65.1
12	71.4	64	69.4	116	66.0	169	61.4	222	67.4	275	67.6
13	60.4	65	58.4	117	68.6	170	67.8	223	62.6	276	64.4
14	56.6	66	60.2	118	66.4	171	68.8	224	65.1	277	69.0
15	60.2	67	63.4	119	66.8	172	65.4	225	65.7	278	64.2
16	59.6	68	59.0	120	66.2	173	68.6	226	67.3	279	64.4
17	66.8	69	62.4	121	65.4	174	68.6	227	65.8	280	64.3
18	72.0	70	71.0	122	68.0	175	65.2	228	64.7	281	64.9
19	58.2	71	60.4	123	63.0	176	66.8	229	63.4	282	62.3
20	67.2	72	68.4	124	66.6	177	62.4	230	63.3	283	66.1
21	66.0	73	69.2	125	65.4	178	66.4	231	68.4	284	62.4
22	69.0	74	65.6	126	63.2	179	61.4	232	63.8	285	66.2
23	68.0	75	64.4	127	63.8	180	64.2	233	64.2	286	67.7
24	68.0	76	67.8	128	63.2	181	67.6	234	63.5	287	65.8
25	67.0	77	68.8	129	63.2	182	64.6	235	69.2	288	65.8
26	60.8	78	64.6	130	62.6	183	63.4	236	63.8	289	64.6
27	66.4	79	69.2	131	68.2	184	63.4	237	67.9	290	66.4
28	64.6	80	69.2	132	66.0	185	67.6	238	67.4	291	67.3
29	64.0	81	69.4	133	63.6	186	68.4	239	64.5	292	63.0
30	65.6	82	63.4	134	65.0	187	61.6	240	64.0	293	65.5
31	60.4	83	66.0	135	61.0	188	63.2	241	67.4	294	64.6
32	62.6	84	62.4	136	61.4	189	69.0	242	63.3	295	63.3
33	63.0	85	60.2	137	66.2	190	69.4	243	64.5	296	65.9
34	65.8	86	60.0	138	69.6	191	63.4	244	66.3	297	64.4
35	68.2	87	63.8	139	64.8	192	60.8	245	64.8	298	67.6
36	66.0	88	60.6	140	60.2	193	62.4	246	64.1	299	65.6
37	68.0	89	70.0	141	64.4	194	69.8	247	69.9	300	62.9
38	69.0	90	62.4	142	61.2	195	62.6	248	69.6		
39	62.8	91	66.2	143	69.8	196	61.2	249	69.4		
40	69.6	92	66.2	144	65.6	197	66.8	250	68.1		
41	60.6	93	60.4	145	68.4	198	69.4	251	69.0		
42	60.2	94	62.6	146	69.8	199	68.8	252	63.0		
43	61.2	95	65.4	147	65.0	200	62.0	253	68.8		
44	64.0	96	61.0	148	63.4	201	60.8	254	65.1		
45	68.4	97	64.0	149	62.0	202	70.0	255	69.6		
46	64.6	98	67.6	150	61.2	203	60.8	256	66.0		
47	66.2	99	69.0	151	66.0	204	67.4	257	65.6		
48	61.6	100	66.8	152	63.2	205	70.0	258	69.8		
49	67.8	101	60.6	153	68.8	206	64.4	259	67.4		
50	69.0	102	69.8	154	65.0	207	63.2	260	69.0		
51	68.4	103	66.6	155	62.4	208	69.6	261	68.2		
52	69.6	104	68.2	156	66.6	209	67.0	262	69.5		
				157	67.0	210	65.0	263	62.4		

Anexo: 10

Valores: Medida del diámetro de la pieza – Después

N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor	N°	Valor
1	64.9	53	65.8	105	62.9	158	65.1	211	64.0	264	66.2
2	65.8	54	62.2	106	62.1	159	62.5	212	66.2	265	63.2
3	65.2	55	64.2	107	65.1	160	63.7	213	64.1	266	62.1
4	62.3	56	64.1	108	66.0	161	65.9	214	66.3	267	66.3
5	64.9	57	64.3	109	64.1	162	63.1	215	66.1	268	62.3
6	64.4	58	64.5	110	64.6	163	62.8	216	66.3	269	62.1
7	63.4	59	64.3	111	66.1	164	65.3	217	66.5	270	62.2
8	64.1	60	63.7	112	62.5	165	64.5	218	66.0	271	63.6
9	64.4	61	63.0	113	64.8	166	63.0	219	65.0	272	65.9
10	64.8	62	65.9	114	63.7	167	64.2	220	66.1	273	65.7
11	63.5	63	64.2	115	66.2	168	63.7	221	65.0	274	66.1
12	62.0	64	62.8	116	63.4	169	63.2	222	63.0	275	65.6
13	64.4	65	62.0	117	62.9	170	66.0	223	66.2	276	66.5
14	64.5	66	64.8	118	65.8	171	62.9	224	66.1	277	65.9
15	64.4	67	63.4	119	62.6	172	66.1	225	65.2	278	62.7
16	63.8	68	63.1	120	62.0	173	64.3	226	63.7	279	66.0
17	64.8	69	64.0	121	63.5	174	65.1	227	64.3	280	64.6
18	62.3	70	63.3	122	65.3	175	65.8	228	63.6	281	65.0
19	64.5	71	63.8	123	64.1	176	65.8	229	66.0	282	63.8
20	63.4	72	64.0	124	66.0	177	66.0	230	63.9	283	64.0
21	62.4	73	65.9	125	65.7	178	62.6	231	66.1	284	63.5
22	63.6	74	62.8	126	63.7	179	63.3	232	66.3	285	63.2
23	62.7	75	62.5	127	62.2	180	64.0	233	65.1	286	63.1
24	64.7	76	62.4	128	62.8	181	65.3	234	62.8	287	64.8
25	63.4	77	64.8	129	62.5	182	62.1	235	65.5	288	62.1
26	63.0	78	63.7	130	63.5	183	62.7	236	66.2	289	64.5
27	64.4	79	63.8	131	63.7	184	64.5	237	64.7	290	63.6
28	62.2	80	65.2	132	64.2	185	64.8	238	64.0	291	62.3
29	63.3	81	62.9	133	62.4	186	64.3	239	66.4	292	65.3
30	66.0	82	65.8	134	65.1	187	62.6	240	64.7	293	63.4
31	62.5	83	63.9	135	65.9	188	65.8	241	65.7	294	62.4
32	66.0	84	65.1	136	66.3	189	62.4	242	63.2	295	62.5
33	63.4	85	65.4	137	66.1	190	65.2	243	65.9	296	63.1
34	65.5	86	64.3	138	63.6	191	65.2	244	63.6	297	63.1
35	65.5	87	64.3	139	63.6	192	62.5	245	62.9	298	62.6
36	62.5	88	62.0	140	65.4	193	62.9	246	64.5	299	64.3
37	65.7	89	64.5	141	65.2	194	63.8	247	64.9	300	63.3
38	64.1	90	63.1	142	63.7	195	65.7	248	63.5		
39	63.0	91	63.1	143	65.2	196	63.4	249	65.1		
40	65.9	92	62.8	144	65.7	197	65.9	250	63.5		
41	63.7	93	62.1	145	62.1	198	62.5	251	64.3		
42	64.5	94	66.3	146	66.1	199	63.9	252	63.3		
43	62.7	95	62.8	147	62.4	200	65.8	253	65.7		
44	66.0	96	64.0	148	66.4	201	66.3	254	64.4		
45	64.6	97	64.5	149	64.2	202	63.5	255	65.2		
46	62.5	98	63.4	150	65.2	203	63.7	256	62.5		
47	62.9	99	62.6	151	62.6	204	64.9	257	63.0		
48	64.1	100	64.3	152	63.2	205	63.2	258	65.2		
49	64.3	101	63.9	153	63.3	206	66.1	259	63.6		
50	65.8	102	63.1	154	64.8	207	64.2	260	63.8		
51	63.3	103	63.5	155	65.9	208	62.1	261	62.1		
52	63.5	104	65.2	156	63.4	209	63.6	262	64.2		
				157	63.1	210	63.9	263	65.7		

Anexo: 11

Ficha de fallas de la máquina

Ficha N° 9 Falla y seguimiento del equipo				
	Entidad			
	Fusión Mecánica Industrial S.A.C.			
	Area			
	Mecanizado			
Evaluador				
Flores Gomeró, Judith Esmeralda				
Fecha		Desde	Hasta	
Fecha	Equipo	Inventario del equipo	Tipo de Falla	Usuario que reporta la falla
01/09/2017				
02/09/2017				
04/09/2017				
05/09/2017				
06/09/2017				
07/09/2017				
08/09/2017				
09/09/2017				
11/09/2017				
12/09/2017				
13/09/2017				
14/09/2017				
15/09/2017				
16/09/2017				
18/09/2017				
19/09/2017				
20/09/2017				
21/09/2017				
22/09/2017				
23/09/2017				
25/09/2017				
26/09/2017				
27/09/2017				
28/09/2017				
29/09/2017				
30/09/2017				
02/10/2017				
03/10/2017				
04/10/2017				
05/10/2017				