



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE SOLDADURA  
DE LA EMPRESA M.Q METALURGICA SAC. , LIMA, 2018**

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

**AUTOR:**

**PEREDA QUISPE, JORGE VLADIMIR**

**ASESOR**

**MGTR. REINOSO VASQUEZ, GEORGE**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

**SISTEMA DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA**

**LIMA – PERÚ**

**2018**

## PÁGINA DEL JURADO

La Aplicación de la Metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Lima 2018

---

PEREDA QUISPE, Jorge Vladimir

AUTOR

---

Mgtr. REYNOSO VASQUEZ, George

ASESOR

Presente a la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo para optar el Grado de: INGENIERO INDUSTRIAL

**APROBADO POR:**

.....  
PRESIDENTE DEL JURADO

.....  
SECRETARIO DEL JURADO

.....  
VOCAL DEL JURADO

## DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a toda mi familia, gracias a mis padres por inculcarme día a día y aún más para mi padre que está en el cielo guiándome y a mi madre que siempre estuvo ahí donde más lo necesitaba y a todas las personas que apostaron por mi

## AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida y por ponerme en este lugar que muchas personas quieren

A mi familia, la cual me motivo en todo para que yo saliera adelante, estuvo conmigo en las buenas y malas.

A mis profesores de toda la carrera se aprendió de todo un poco y quedan las experiencias vividas.

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Jorge Vladimir Pereda Quispe, con DNI: 47470142, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaña es veraz y autentica.

Asimismo, 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 los dispuestos a las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Lima, julio del 2018

---

Pereda Quispe Jorge Vladimir

DNI: 47470142

## PRESENTACIÓN

SEÑOR MIEMBRO DEL JURADO

En cumplimiento de las normas establecidas en el Reglamento de Grados y TITULOS DE LA Universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “La Aplicación de la Metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Lima 2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Industrial.

El autor

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
I.INTRODUCCIÓN	20
1.1 Realidad Problemática	21
1.2 Trabajos previos	32
1.3 Teorías relacionadas al tema	36
1.3.1 Six Sigma	36
1.3.2 Productividad	40
1.4 Formulación del problema	43
1.4.1 Problema general	43
1.4.2 Problemas específicos	43
1.5 Justificación del Estudio	43
1.5.1 Económica	43
1.5.2 Técnica	43
1.5.3 Social	44
1.6 Hipótesis	44
1.6.1 Hipótesis general	44
1.6.2 Hipótesis específicos	44
1.7 Objetivos	44
1.7.1 Objetivo general	44
1.7.2 Objetivo específico	44

II. MÉTODO	45
2.1 Tipos de investigación	46
2.1.1 Según su finalidad	46
2.1.2 Según su nivel o profundidad	46
2.1.3 Según su enfoque	46
2.1.4 Diseño de investigación	46
2.2 Variables y operacionalización	47
2.2.1 Variable independiente	47
2.2.2 variable dependiente	47
2.2.3 Matriz de operacionalización	49
2.3 Población y Muestra	50
2.3.1 Población de estudio	50
2.3.2 Muestra	50
2.3.3 Muestreo	50
2.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos	50
2.4.1 Técnica de recolección de datos	50
2.4.2 Instrumento de recolección de datos	50
2.4.3 Validez y confiabilidad	51
2.5 Método de análisis de datos	52
2.6 Aspectos éticos	52
2.7 Desarrollo de la propuesta	53
2.7.1 Situación actual	53
2.7.2 Propuesta de mejora	71
2.7.3 Implementación de la propuesta	73
2.7.4 Resultado de la implementación	128
2.7.5 Análisis económico financiero	136



III. RESULTADO	141
3.1 Análisis descriptivo	142
3.1.1 Variable Dependiente: Productividad	142
3.1.2 Variable Independiente: Six Sigma	145
3.2 Análisis inferencial	148
3.2.1 Análisis de la hipótesis general	148
3.2.2 Análisis de la primera hipótesis específica	150
3.2.3 Análisis de la segunda hipótesis específica	153
IV. DISCUSIÓN	156
V. CONCLUSIONES	158
VI. RECOMENDACIONES	160
VII. REFERENCIAS	162
ANEXOS	165
Anexo N° 1: Matriz de coherencia	166
Anexo N° 2: Diagrama de análisis de proceso	167
Anexo N° 3: Formato de Producción	168
Anexo N° 4: Formato de Eficacia	169
Anexo N° 5: Formato de Eficiencia	169
Anexo N° 6: Productividad total	170
Anexo N° 7: Procedimiento de trabajo seguro	171
Anexo N° 8: Acta de la capacitación	172
Anexo N° 9: Registro del personal	173
Anexo N° 10: Formato de inspección de equipo	174
Anexo N° 11: Inspección de equipo	175
Anexo N° 12: Formato de Trazado de tuberías	176
Anexo N° 13: Formato de conformidad Trazado de tuberías	177

Anexo N° 14: Formato de Corte de tuberías	178
Anexo N° 15: Formato de Conformidad Corte de tuberías	179
Anexo N° 16: Formato de Procedimiento de Soldadura	180
Anexo N° 17: Matriz de operacionalización	185
Anexo N° 18: Ficha de validación 1	186
Anexo N° 19: Ficha de validación 2	188
Anexo N° 20: Ficha de validación 3	190
Anexo N° 21: Ficha turnitn	192

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Producción Nacional	22
Tabla N° 2: Situación actual de la empresa en los últimos meses	23
Tabla N° 3: Nivel SIX SIGMA actual del área de soldadura	25
Tabla N° 4: Diagrama de Pareto en el área de soldadura	27
Tabla N° 5: Diagrama de correlación	31
Tabla N° 6: Matriz de operacionalización	49
Tabla N° 7: Juicio de expertos	52
Tabla N° 8: Productos fabricados por la empresa MQ METALURGICA	55
Tabla N° 9: Relación Maquina/ operario	56
Tabla N° 10: Procesos del área de soldadura	57
Tabla N° 11: Herramientas para la máquina de soldar	58
Tabla N° 12: Diagrama de análisis de procesos	61
Tabla N° 13: Resultados del DPO	62
Tabla N° 14: Resumen del pre test de la variable six sigma	63
Tabla N° 15: Formato para calcular la producción	64
Tabla N° 16: Fórmula para calcular la eficacia	65
Tabla N° 17: Eficacia promedio del área de soldadura	65
Tabla N° 18: Fórmula para calcular la eficiencia	67
Tabla N° 19: Formato para calcular la producción en base al día	67
Tabla N° 20: Eficiencia promedio del área de soldadura	68
Tabla N° 21: Productividad total del área de soldadura	70
Tabla N° 22: Resumen de indicadores	71
Tabla N° 23: Definición del equipo de trabajo	74
Tabla N° 24: Roles del equipo de trabajo	74
Tabla N° 25: Principales funciones del equipo de trabajo	74
Tabla N° 26: Diagrama de proceso	78

Tabla N° 27: Diagrama de análisis	79
Tabla N° 28: Diagrama del proyecto	81
Tabla N° 29: Variables de entrada y salida	82
Tabla N° 30: Variables continuas y discretas	83
Tabla N° 31: características de las variables	85
Tabla N° 32: Datos de medición de la variable X	85
Tabla N° 33: Plan de mejora para el sistema de medición	88
Tabla N° 34: Valores medidos en el proceso de habilitado	89
Tabla N° 35: Tolerancias del habilitado del material	90
Tabla N° 36: Resumen de resultados de medición de variables “X”	93
Tabla N° 37: Medición para la variable “Y”	93
Tabla N° 38: Análisis de la variable Y	95
Tabla N° 39: AMEF del proceso habilitado	97
Tabla N° 40: Análisis de la variable X1	98
Tabla N° 41: Análisis de la variable X2	99
Tabla N° 42: Análisis de causas mediante la herramienta porque/porque	100
Tabla N° 43: Plan de implementación	101
Tabla N° 44: Herramientas de medición	108
Tabla N° 45: Valores medidos de las variables “X”	118
Tabla N° 46: Resultados de las variables “X”	121
Tabla N° 47: Medición para la variable “Y”	122
Tabla N° 48: Resultado del nivel Sigma de la variable “Y”	123
Tabla N° 49: Diagrama de análisis de proceso después	124
Tabla N° 50: Comparación de tuberías antes y después	125

Tabla N° 51: Plan de control de proceso	127
Tabla N° 52: Resultado para el indicador DPO	128
Tabla N° 53: Resultado para el indicador DPO y DPMO	130
Tabla N° 54: Formato de producción nueva	130
Tabla N° 55: Resumen de producción	131
Tabla N° 56: Fórmula para calcular la eficacia	131
Tabla N° 57: Eficacia promedio del área de soldadura	131
Tabla N° 58: Fórmula para calcular la eficiencia	132
Tabla N° 59: Formato para calcular la producción en base al día	133
Tabla N° 60: Eficiencia promedio del área de soldadura	133
Tabla N° 61: Productividad total del área de soldadura	134
Tabla N° 62: Resumen de indicadores	134
Tabla N° 63: Pre y Post de la variable independiente Six Sigma	135
Tabla N° 64: Pre y Post de la variable dependiente Productividad	136
Tabla N° 65: Recurso humano para la implementación	136
Tabla N° 66: Costo por capacitación	137
Tabla N° 67: Recursos de Materiales	137
Tabla N° 68: Resumen total de costos	137
Tabla N° 69: Datos del costo beneficio	138
Tabla N° 70: Datos de la materia prima	138
Tabla N° 71: Flujo de caja económico	140
Tabla N° 72: Productividad antes y después	142
Tabla N° 73: Eficacia antes y después	143
Tabla N° 74: Eficiencia antes y después	144

Tabla N° 75: Antes y después DPO	145
Tabla N° 76: Antes y después DPMO	146
Tabla N° 77: Prueba de Normalidad de la productividad	148
Tabla N° 78: Criterio de Selección del estadígrafo	148
Tabla N° 79: Resultado del análisis de WILCOXON	149
Tabla N° 80: Análisis de significancia de los resultados WILCOXON	150
Tabla N° 81: Prueba de Normalidad de la eficiencia	151
Tabla N° 82: Criterio de Selección del estadígrafo	151
Tabla N° 83: Resultado del análisis de WILCOXON	152
Tabla N° 84: Análisis de significancia de los resultados WILCOXON	152
Tabla N° 85: Prueba de Normalidad de la eficacia	153
Tabla N° 86: Criterio de Selección del estadígrafo	154
Tabla N° 87: Resultado del análisis T-STUDENT	154
Tabla N° 88: Análisis de significancia de los resultados de T-STUDENT	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Evolución de la producción manufacturera (2011-2016)	21
Figura N° 2: Situación actual de la empresa en los últimos meses	24
Figura N° 3: Diagrama de Ishikawa del área de soldadura	26
Figura N° 4: Diagrama de estratificación	29
Figura N° 5: Matriz de priorización	30
Figura N° 6: Niveles Six Sigma	37
Figura N° 7: Organigrama de la empresa	54
Figura N° 8: Diagrama de operaciones del área de soldadura	59
Figura N° 9: Eficacia promedio del área de soldadura	66
Figura N° 10: Eficacia de los últimos meses	66
Figura N° 11: Eficiencia promedio del área de soldadura	68
Figura N° 12: Eficiencia de los últimos meses	69
Figura N° 13: Productividad total del área de soldadura	70
Figura N° 14: Pre test de la variable productividad	71
Figura N° 15: Diagrama de Gantt	72
Figura N° 16: Proceso de determinación de VCO a CCR a CTQ	75
Figura N° 17: Clasificación en la calidad de proceso	76
Figura N° 18: Porcentaje en la clasificación de proceso	77
Figura N° 19: Diagrama de Ishikawa del proceso habilitado	82
Figura N° 20: Resultado del análisis por atributos	84
Figura N° 21: Verificación del sistema de medición X1	87
Figura N° 22: Verificación del sistema de medición X2	88
Figura N° 23: Análisis de capacidad X1	91

Figura N° 24: Análisis de capacidad X2	92
Figura N° 25: Diagrama de atributos	96
Figura N° 26: Procedimiento de trabajo seguro	102
Figura N° 27: Antes del orden y limpieza	103
Figura N° 28: Durante el orden y limpieza	103
Figura N° 29: Después del orden y limpieza	104
Figura N° 30: Capacitación a los trabajadores	104
Figura N° 31: Capacitación de tuberías	105
Figura N° 32: Tolerancia de trazado y corte	106
Figura N° 33: Registro de asistencia de la capacitación de tuberías	107
Figura N° 34: Equipo oxicorte actual	109
Figura N° 35: Manómetro del equipo oxicorte	109
Figura N° 36: Formato de especificación del equipo oxicorte	110
Figura N° 37: Nuevo equipo oxicorte	111
Figura N° 38: Inspección de equipo de corte	111
Figura N° 39: Operario trazando el tubo	112
Figura N° 40: Trazado de tuberías	113
Figura N° 41: Verificación del trazado de tuberías	113
Figura N° 42: Formato de trazado de tuberías	114
Figura N° 43: Operario cortando el tubo	115
Figura N° 44: Verificación del corte de tuberías	116
Figura N° 45: Formato de corte de tuberías	117
Figura N° 46: Análisis de impacto X1	119
Figura N° 47: Análisis de impacto X2	120



Figura N° 48: Comparación de niveles X1	121
Figura N° 49: Comparación de niveles X2	122
Figura N° 50: Post test de la productividad	135
Figura N° 51: Antes y después de la fabricación de tubos	145
Figura N° 52: Antes y después del DPO	146
Figura N° 53: Antes y después del DPMO	147
Figura N° 54: Antes y después del Nivel Sigma	147

## RESUMEN

Muchas empresas tienen como función principal la satisfacción del cliente. No obstante, muchas empresas no miden los niveles de productividad, ya sea por la calidad de sus productos, clientes insatisfechos, tiempos fuera de plazo, estandarización de procesos, lo que conlleva a todo esto es aplicar nuevos métodos de mejora continua.

La presente Tesis tiene como objetivo general, determinar como la implementación de la metodología Six Sigma mejora la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC, Lima 2018, frente a esto se propone soluciones que permitan lograr la mejora en el área de soldadura.

La investigación es cuasi experimental brindándonos datos antes y después de la mejora, con una población medida en 15 días, el muestreo es la misma que la población, en esta área se tiene que aplicar conocimientos teóricos como conocimientos prácticos.

Finalmente se concluye comparando los resultados antes y después de la implementación de la herramienta DMAIC y en base a los indicadores se midió la productividad en el área de soldadura, logrando obtener la mejora.

Palabras Claves: Six sigma, productividad.

## **ABSTRACT**

Many companies have customer satisfaction as their main function. However, many companies do not measure the levels of productivity, either by the quality of their products, dissatisfied customers, time outs, process standardization, which leads to all this is to apply new methods of continuous improvement.

The present investigation has like general objective, to determine how the implementation of the Six Sigma methodology improves the productivity in the welding area of the company MQ METALURGICA SAC, Lima 2018, in front of this it is proposed solutions that allow to achieve the improvement in the area of welding.

The research is quasi-experimental providing data before and after the improvement, with a population measured in 15 days, the sampling is the same as the population, in this area you have to apply theoretical knowledge as practical knowledge.

Finally, comparisons were made of the results before and after the implementation of the DMAIC tool and based on the indicators, the productivity in the welding area was measured, achieving the improvement.

Key words: Six sigma, productivity.

## **I.- INTRODUCCIÓN**

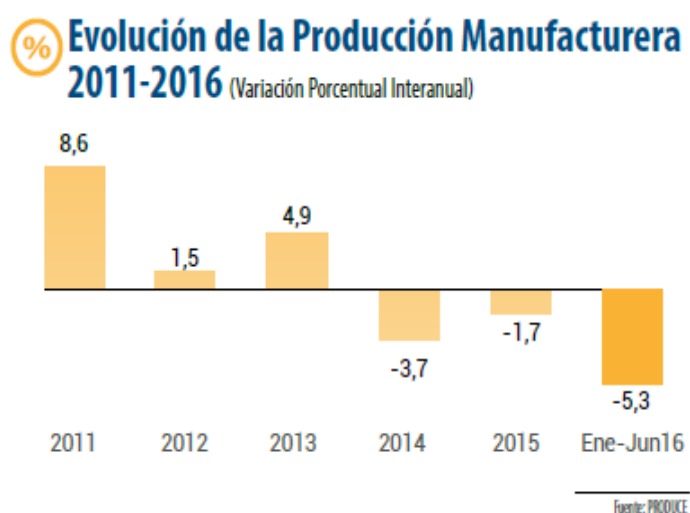
## 1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA

Según Bravo (2014). Al hablar de productividad es referirse a la capacidad de un profesional para aumentar su capital. Esto conlleva a grandes logros para la organización. Por consiguiente muchas empresas tienen como función principal la satisfacción del cliente. No obstante, muchas empresas no miden los niveles de productividad, ya sea por la calidad de sus productos, clientes insatisfechos, tiempos fuera de plazo, estandarización de procesos, lo que conlleva a todo esto es aplicar nuevos métodos de mejora continua.

Como sabemos toda empresa tiene sus riesgos ya sea por la tendencia en el sector y la tecnología que influyen mucho, cada vez las empresas buscan las mejoras para todos los procesos que tenga, con el propósito de eliminar los desperdicios y aumentar su productividad.

Como podemos notar en la producción Manufacturera.

Figura 1: Evolución de la producción manufacturera (2011-2016)



Fuente: [http://www.demi.produce.gob.pe/images/publicaciones/publi91efe8248e14f489c\\_60.pdf](http://www.demi.produce.gob.pe/images/publicaciones/publi91efe8248e14f489c_60.pdf)

Hoy en día se puede decir que el rubro de la metalmecánica está avanzando paso a paso, esto se refleja en el sector económico, un crecimiento e innovación de productos con la satisfacción de los clientes.

Como vemos en el cuadro:

Tabla N° 1: Producción Nacional

Recuperado de  
[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-n08\\_produccion-nacional-junio2017.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/08-informe-tecnico-n08_produccion-nacional-junio2017.pdf)

**Evolución del Índice Mensual de la Producción Nacional: Junio 2017  
 (Año base 2007)**

Sector	Ponderación 1/	Variación Porcentual		
		2017/2016		Jul 16-Jun 17/
		Junio	Enero-Junio	Jul 15-Jun 16
<b>Economía Total</b>	<b>100,00</b>	<b>3,64</b>	<b>2,30</b>	<b>3,07</b>
<b>DI-Otros Impuestos a los Productos</b>	<b>8,29</b>	<b>2,68</b>	<b>3,20</b>	<b>3,16</b>
<b>Total Industrias (Producción)</b>	<b>91,71</b>	<b>3,72</b>	<b>2,22</b>	<b>3,06</b>
Agropecuario	5,97	6,40	0,35	1,50
Pesca	0,74	52,02	82,85	62,02
Minería e Hidrocarburos	14,36	6,24	2,95	7,96
Manufactura	16,52	2,02	2,71	2,63
Electricidad, Gas y Agua	1,72	3,09	1,32	3,57
Construcción	5,10	3,49	-4,10	-5,59
Comercio	10,18	1,73	0,50	0,84
Transporte, Almacenamiento, Correo y Mensajería	4,97	3,13	2,45	2,88
Alojamiento y Restaurantes	2,86	1,46	1,02	1,76
Telecomunicaciones y Otros Servicios de Información	2,66	6,72	7,66	7,98
Financiero y Seguros	3,22	0,20	-0,18	1,51
Servicios Prestados a Empresas	4,24	1,04	0,31	1,15
Administración Pública, Defensa y otros	4,29	4,33	4,16	4,28
Otros Servicios 2/	14,89	3,64	3,55	3,69

Evolución del índice Mensual de Producción Nacional: junio 2017 (Año base 2007)

En el cuadro se puede apreciar que el sector de Manufactura tiene una ponderación de (16.52), esto quiere decir que tiene un índice de crecimiento en su producción.

Por ello la producción es uno de los puntos más importantes de la empresa porque de ella depende ofrecer productos conformes, tiempos de entrega, por eso es indispensable saber medir la productividad de una empresa y para darnos cuenta si la empresa gana o pierde.

La empresa que se va estudiar es una dedicada al rubro de la metalmecánica, que se dedica a la producción y servicios especiales ya sea tanques glp, de combustible, estructuras metálicas puentes, servicios de rolado, de maestranza, de armado y soldadura, dirigido a las empresas WEIR MINERAL, VULCO, VALVULAS INTERNACIONALES, entre otras grandes empresas.

Actualmente cuenta con 6 áreas de producción, las cuales son área de rolado, armado, soldadura, maestranza, limpieza mecánica y pintado.

En el proyecto de tesis se va analizar el área de soldadura, donde se están presentando trabajos no conformes. Se han generado molestias de parte de gerencia, ya que al hacer

estos re procesos aumentan los costos, hay tiempos improductivos para la empresa, pues además genera mayor horas hombre.

En este caso se deben utilizar nuevas metodologías para mejorar los productos, eliminando errores, detectar fallas, puesto lo que se tiene en cuenta es aumentar la productividad, para que los resultados sean positivos para la organización.

Por ese motivo se debe aplicar una técnica de mejora para incrementar la productividad del área, así como la eficiencia y eficacia con el objetivo que genere mayores utilidades.

Para ello identificamos algunos problemas: Poco espacio en algunos puestos de trabajo, deficiencias en las rutas, falta de capacitación, materiales sin especificaciones, pobre control de calidad, materiales en espera, maquinas malogradas, falta de metodologías, desmotivación, distracción, materiales inconformes, pocas herramientas, pieza fuera de su lugar, no hay un mantenimiento adecuado, mala liberación de los productos, no hay coordinación, errores en los procesos.

Sin embargo, la empresa presenta problemas que están afectando que su productividad no sea la adecuada. Después de ver esta situación, se obtuvieron datos de los últimos meses de la empresa MQ METALURGICA SAC como se puede ver en la tabla N: 2

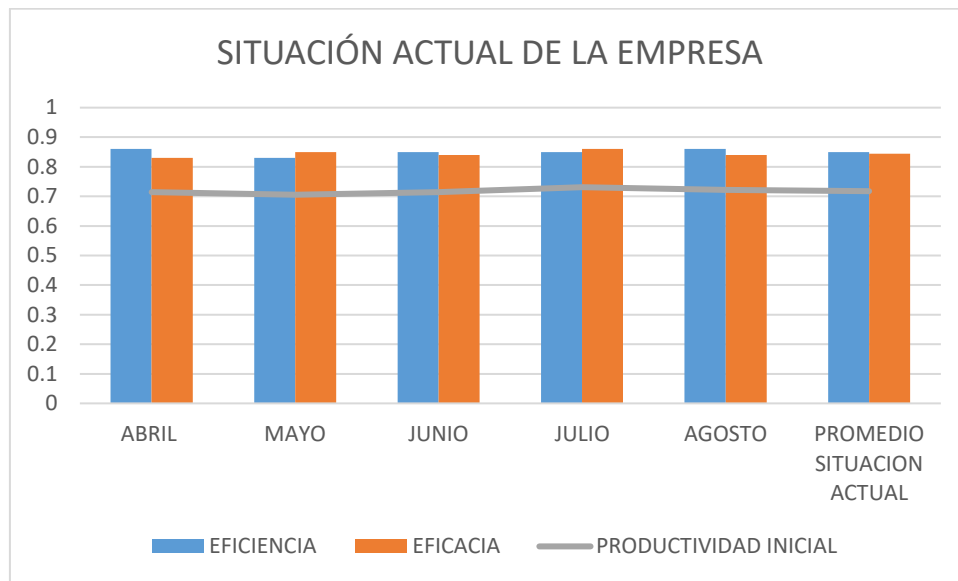
Tabla N° 2: Situación actual de la empresa en los últimos meses

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	PROMEDIO SITUACION ACTUAL
EFICIENCIA	0.86	0.83	0.85	0.85	0.86	0.85
EFICACIA	0.83	0.85	0.84	0.86	0.84	0.84
PRODUCTIVIDAD INICIAL	0.71	0.71	0.71	0.73	0.72	0.72

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la tabla N° 2, se puede observar que en los últimos meses la eficiencia promedio es de 85% y la eficacia de 84%, dándonos como productividad promedio 72%.

Figura N° 2: Situación actual de la empresa en los últimos meses



Fuente: Elaboración propia

Como notamos en los cuadros en los últimos 5 meses la productividad es baja, hay problemas para ello se debe de hacer un análisis y después aplicar una mejora con el fin de mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa metalmecánica MQ METALURGICA SAC.

Al ver este problema se optó por varias soluciones por ejemplo técnica smed, estudio del trabajo, 5s, estudio tiempo, pero en si se quiso enfocar en el proceso medido la productividad y a las los indicadores de proceso y un tema que abarca más temas, es la metodología Six sigma, que se encarga en la eliminación de los defectos del producto, centrándose en la variabilidad de este y así poder medir el nivel sigma del proceso sabiendo el rendimiento actual.



## NIVEL SIGMA ACTUAL DE LA EMPRESA

Tabla N° 3: Nivel SIX SIGMA actual del área de soldadura

SUBPROCESOS	DEFECTOS	OPORTUNIDADES/UNIDADES
HABILITADO	8	2
ESMERILADO	10	2
BISELADO	7	2
APUNTALADO	7	1
ARMADO	9	1
SOLDADO	8	1
TOTAL	49	9

Fuente: Elaboración propia

Número de unidades procesadas = 20 tubos

Número total de defecto = 49

Defecto por oportunidad (DPO) =  $DPO = \frac{D}{N*O} = \frac{49}{20*9} = 0.2722222222$

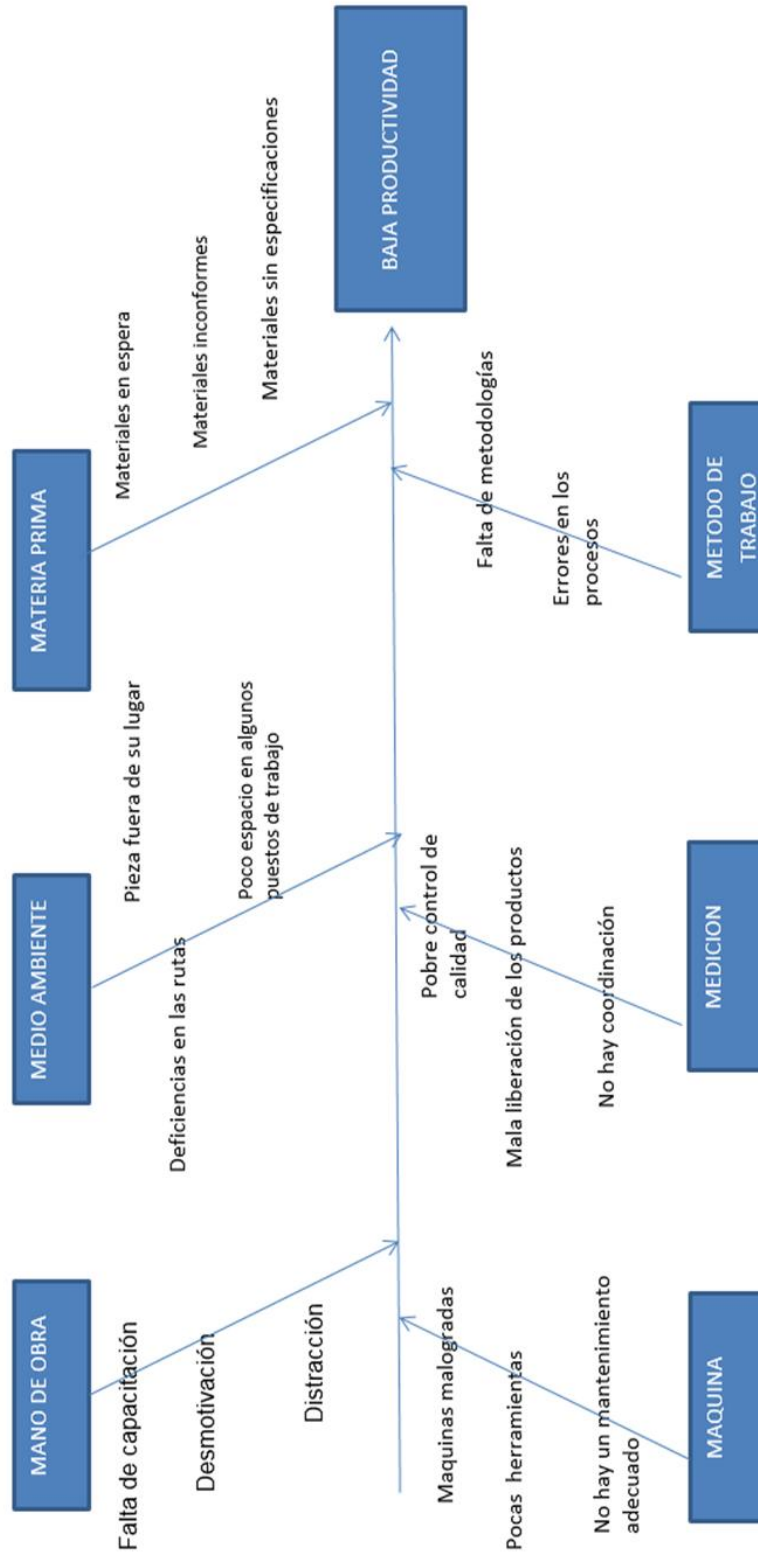
DPMO =  $0.2722222222 * 1000000 = 272222.2222$

De acuerdo al resultado de DPMO se puede decir que el área de soldadura está en un 2.1 de nivel sigma.

Este trabajo de tesis tiene la finalidad de aumentar el nivel SIGMA de esta área llegando así al nivel de 3.4.

A partir de esto, se realizó un análisis causa- efecto haciendo uso del diagrama de Ishikawa

Figura N° 3: Diagrama de Ishikawa del área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

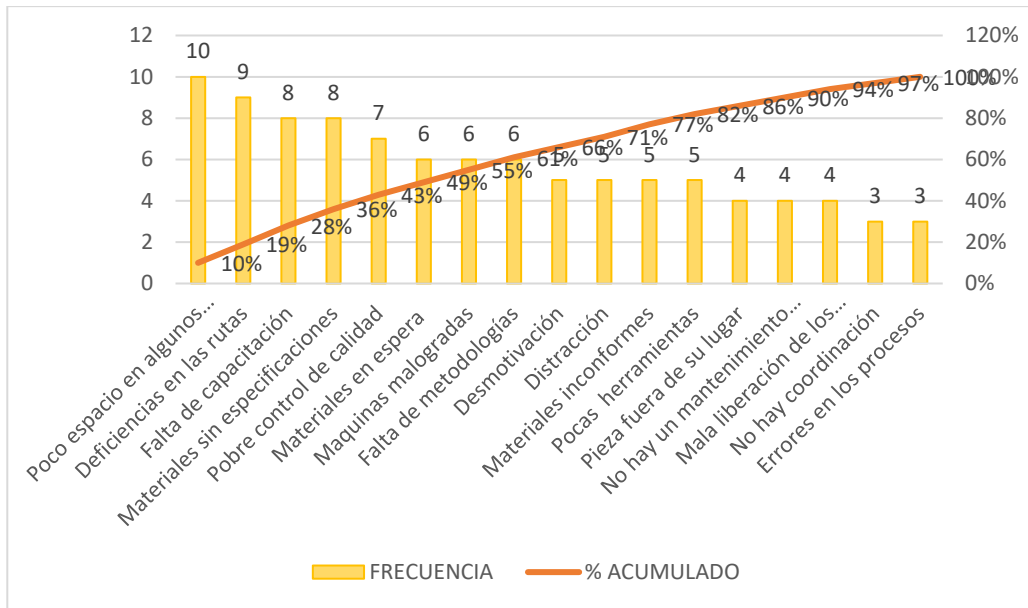


Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4: Diagrama de Pareto en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA

	CAUSAS	FRECUENCIA	% ACUMULADO	
1	Poco espacio en algunos puestos de trabajo	10	10%	10
2	Deficiencias en las rutas	9	19%	19
3	Falta de capacitación	8	28%	27
4	Materiales sin especificaciones	8	36%	35
5	Pobre control de calidad	7	43%	42
6	Materiales en espera	6	49%	48
7	Maquinas malogradas	6	55%	54
8	Falta de metodologías	6	61%	60
9	Desmotivación	5	66%	65
10	Distracción	5	71%	70
11	Materiales inconformes	5	77%	75
12	Pocas herramientas	5	82%	80
13	Pieza fuera de su lugar	4	86%	84
14	No hay un mantenimiento adecuado	4	90%	88
15	Mala liberación de los productos	4	94%	92
16	No hay coordinación	3	97%	95
17	Errores en los procesos	3	100%	98

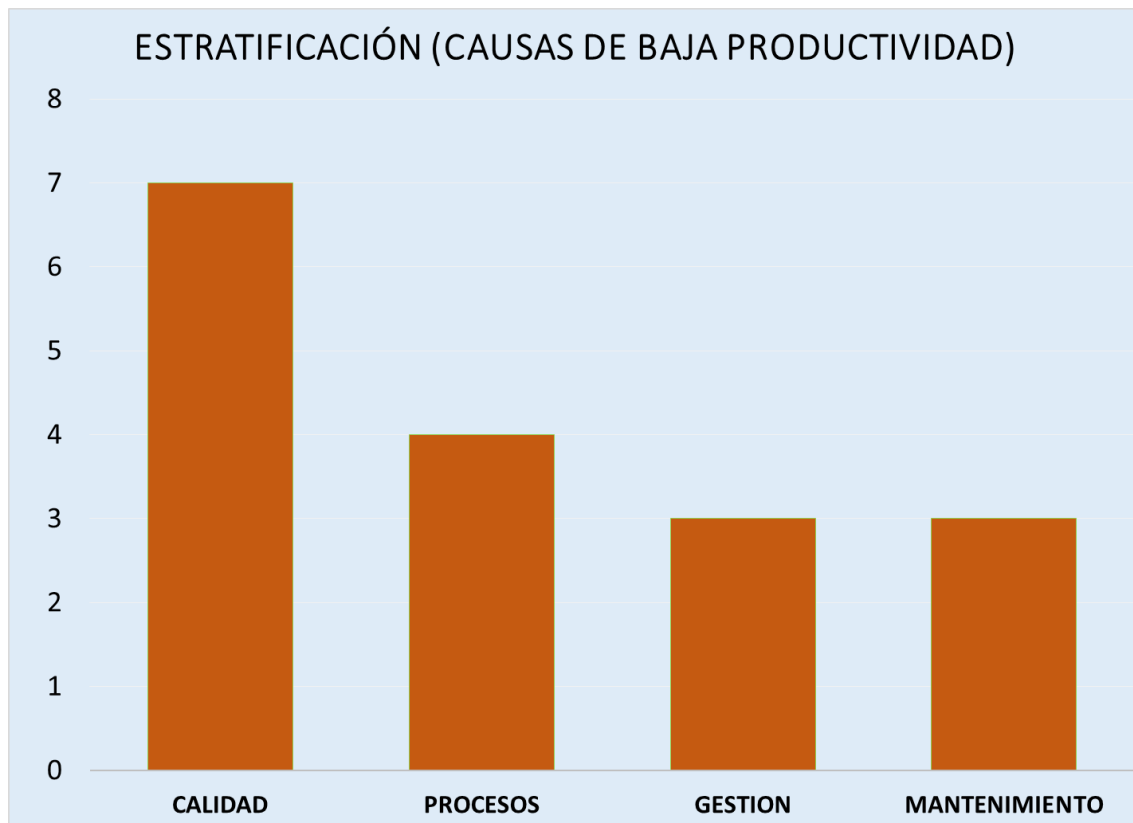
Fuente: Elaboración propia



**Interpretación:** De acuerdo al gráfico observado en el diagrama de Pareto se indica que las causas principales que generan baja productividad en el área de soldadura, son el poco espacio en algunos puestos de trabajo, deficiencia en las rutas, falta de capacitación por ello se pretende aplicar la técnica Six Sigma como herramienta de solución.

Luego se procedió a realizar la estratificación de las causas como se muestra en la Figura 4, agrupándolas en cuatro estratos: calidad, proceso, gestión y mantenimiento. Gracias a esto, se logró apreciar que los estratos de mayor incidencia son Calidad y Procesos, con porcentajes de incidencia de 41% y 23% respectivamente.

Figura N° 4: **Diagrama de estratificación**



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de estratificación, se agruparon las 17 causas en 4 áreas, obteniendo 7 causas en el área de calidad, 4 causas en el área de procesos, 3 causas en el área de gestión y 3 causas en el área de mantenimiento. La baja productividad influye de gran manera en la calidad y su proceso.

Para obtener la herramienta más adecuada para la solución del problema, se realiza la matriz de priorización.

**Figura 5: Matriz de Priorización**

	CONSOLIDADO DE PROBLEMAS POR AREA	Medición	Mano de obra	Materia Prima	Ambiente	Maquinaria	Métodos	NIVEL DE CRITICIDAD	Total problemas	Tasa porcentual de problemas	Impacto	Calificación	Prioridad	Medidas a tomar
<b>CALIDAD</b>	3	0	3	1	0	0	ALTO	7	41%	5	35	4	SIX SIGMA	
PROCESOS	0	1	0	2	0	1	MEDIO	4	23%	3	12	3	Estandarización	
GESTION	0	2	0	0	0	1	BAJO	3	18%	2	6	2	5'S	
MANTENIMIENTO	0	0	0	0	3	0	BAJO	3	18%	2	6	1	TPM	
	3	3	3	3	3	2		17	100%					

Fuente: Elaboración propia

En la figura 5, se muestra los resultados del análisis, siendo el estrato de Calidad el que obtiene la calificación más alta con 35 y le sigue Procesos con 12. Es así que, junto con el Jefe de Producción se determinó dar la prioridad al estrato de Calidad por tener impacto de 5 y un nivel de criticidad alto.

Tabla N° 5: Diagrama de correlación

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	total	%
P1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	10	12%
P13	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	7	9%
P14	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	7	9%
P15	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	6	7%
P6	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5	6%
P7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	5	6%
P11	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	5	6%
P12	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	5	6%
P16	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	5	6%
P17	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	5	6%
P2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	5%
P4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	4	5%
P5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	4	5%
P8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	4	5%
P3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2%
P10	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2%
P9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1%
																		81	100%

Fuente: Elaboración propia

## **1.2 TRABAJOS PREVIOS**

Para realizar la investigación sobre la metodología six sigma, se indagó sobre varias técnicas en el ámbito nacional e internacional que están relacionada al tema la variable independiente SIX SIGMA y la variable dependiente Productividad, las cuales son:

### **TRABAJOS PREVIOS NACIONALES**

**BERNARDO, Katherine. PAREDES, Jennifer.** Aplicación de metodología Six Sigma para mejorar el proceso de registro de matrícula, en la universidad autónoma del Perú. Tesis para optar el grado de (Título profesional de ingeniero de sistemas). Universidad Autónoma del Perú, facultad de ingeniería (2016). 235 pp. La cual tiene como objetivo principal aplicar la metodología Six Sigma, para mejorar el proceso de Registro de Matricula en la Universidad Autónoma del Perú. Se desarrolló el método explicativo y descriptivo ya que explicó la relación de causa-efecto entre las dos variables.

De tal modo la conclusión fue que se logró comprobar que al aplicar la metodología Six sigma en el registro de matrícula incremento su porcentaje, así como el nivel sigma que al inicio tenía un 0.5 sigma y después obtuvo 1.8 sigma.

También mejoró los tiempos de ciclo, optimizando recursos, minimizando costos, durante el proceso de matrícula vía web utilizando algunas herramientas como Promodel y Bizagi. Recomendando así continuar con la metodología Six sigma para toda el área de servicios académicos.

**ALMEIDA, Jhony. OLIVARES, Nilton.** Diseño e implementación de un proceso de mejora continua en la fabricación de prendas de vestir Modetex. Tesis para optar el grado de (Título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad de San Martín de Porres, facultad de ingeniería (2013). 168 pp. Tiene como objetivo determinar la mejor manera de ordenar los puestos de trabajos, las maquinarias y equipos consiguiendo brindar la seguridad a sus trabajadores. El método empleado es cuantitativo. Donde los resultados y conclusiones más resaltantes fueron:

Se determinó que el problema principal la demora en las fechas de entrega del producto, resultado de no haber implementado un sistema de producción para los pedidos que tienen. La aplicación de la metodología 5S aumento la productividad y eficiencia, mejorando las distintas formas de trabajar optimizando las fechas de entrega a los clientes. Mejoró las condiciones en el puesto de trabajo gracias a la implementación 5S,



actualmente tiene un 69% y se irá incrementando con el transcurso del tiempo. Logró mejorar la eficiencia de 69.03% a 80.15%, pero con el pasar del tiempo llegara en un 100%.

BARAHONA, Leandro. NAVARRO, Jessica. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Católica del Perú, facultad de Ciencias e Ingeniería. (2014). 103 pp. Tiene como objetivo general minimizar el elevado consumo del Zn y reducir el reintegro del producto con defectos. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Donde concluye lo siguiente:

Para alcanzar los objetivos es obligatorio tanto la alta gerencia y los trabajadores cooperen con la metodología implementada. Mediante la prueba R & R se determina que en la etapa de medición es aceptable ya que tiene una eficacia del 76%. Recomendando que se tiene que concientizar a la gerencia como a los trabajadores la gran importancia que tiene esta metodología.

PRIETO, Percy. Uso de la metodología six sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta. Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería (2008). 199 pp. La cual tiene como objetivo buscar la reducción del área de mantenimiento, la cual abastece a otras áreas que trabajan con maquinaria dando un servicio externo. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Donde los resultados más relevantes fueron los siguientes:

Tanto como la gerencia y planta es posible reducir recursos aplicando una metodología. Gracias al sistema de control otorgado para el área de mantenimiento la gerencia podrá tener acceso a una información de mejor calidad y a la vez eliminar esa inseguridad en la toma de decisiones. Recomendando así tanto el trabajador como el departamento encargado deben de tener conciencia en mantener que los equipos estén en buen estado.

ECHEVARRIA, Raúl. Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora en la uniformidad del producto final en una fábrica de neumáticos Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería (2016). 44 pp. La cual tiene como objetivo general incrementar la capacidad

del proceso y mejorar la uniformidad del producto. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Donde concluye: Mejoro la uniformidad del producto dando entender del valor Cpk que al inicio era 1.44 y después fue 2.92. Esta mejora hace que por lo menos duplique el monto a facturarse en ventas.

Logró optimizar la variación de fuerzas que impactan a la uniformidad aislando la que impacta con mayor grado de correlación 86.5%, pudiendo reconocer que la variación de fuerza radial es la que más se debe estudiar y controlar.

RODRIGUEZ, Cinthia. Propuesta de un sistema de mejora continua para la reducción de mermas en una procesadora de vegetales en el departamento de Lima con el objetivo de aumentar su productividad y competitividad. Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de ingeniería (2011). (p. 76). El objetivo principal es aplicar metodología para identificar cuáles son la causa raíz que se encuentran en el proceso. El método empleado es cuantitativo. Donde los resultados y conclusiones más resaltantes fueron:

Para el análisis causa raíz se elaboró un nuevo informe, por lo que el antiguo informe no era confiable, se procedió hacer un nuevo análisis permitiendo así obtener nuevos resultados. Gracias al porcentaje hallado en ventas se pudo obtener que el 59.82% es Albahaca, ya que este producto es la que genera mayor producción.

VALDIVIA, Carlos. Diagnóstico y Propuestas de Mejora de Procesos empleando la Metodología Six-Sigma para una Fábrica de Mantenimiento y Reposición de Mobiliario para Supermercados y Tiendas Comerciales. Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Católica del Perú, facultad de Ciencias e Ingeniería. (2013). 101 pp. La cual tiene como objetivo utilizar herramientas para sobresalir en sus productos, teniendo en cuenta la calidad y la fecha de entrega, logrando así ser una empresa de satisfacción para el cliente. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Las conclusiones son:

El valor del TIR ES 11.46% lo que nos da entender que es una tasa mínima y por ende el proyecto es aceptado. Se mejoró las utilidades las cuales son S/.518860.80, y haciendo una comparación con las anteriores aumento en un 5%.

## **TRABAJOS PREVIOS INTERNACIONALES**

RUEDA, Lizbeth. Aplicación de la metodología seis sigma y lean manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables. Tesis para optar el grado de (Maestro en Ciencias en Administración de Negocios). Instituto Politécnico Nacional, facultad de Comercio y Administración. (2007). 89 pp. La cual tiene como objetivo general Reducir los costos de producción de jeringas aplicando herramientas de la metodología Six sigma. Disminuir en 4% los desperdicios y tener una eficiencia del 82%. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Donde se concluye lo siguiente:

Se redujo en un 34% en los costos gracias a los cambios de materiales por los nacionales. Se redujo algunas variables por ejemplo el de los desperdicios y el pago de horas extras del personal.

AVILA, Andrea. Modelo para la implementación y aplicación de seis sigma en base a la industria de acero. Tesis para optar el grado de (Titulo de Ingeniería Industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ingeniería (2006). 72 pp. La cual tiene como objetivo general Mostrar un documento con la implementación de Seis sigma con respecto a la industria de acero. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Donde las conclusiones más relevantes fueron los siguientes:

En la fase Controlar de la herramienta DMAIC se elaboró un plan para calcular los ahorros en base a 6 a 12 meses. Dando así un 99% en la reducción de los costos.

PRIETO, Mariano. DEMAIC: Un entorno para la aplicación sistemática de la metodología seis sigma en proyectos de mejora. Tesis para optar el grado de (Doctor). Universidad Rey Juan Carlos. Facultad de Estadística e Investigación Operativa (2012) 9pp. Tiene como objetivo determinar algún tipo de clasificación de los proyectos Seis Sigma que permita encuadrar, de forma unívoca, a un problema concreto en una determinada categoría. Cada categoría resultante de esta clasificación deberá tener un método particular de aplicación considerado lo conveniente; esto implica que sea posible conseguir los mejores resultados con el mínimo esfuerzo. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Las conclusiones son:

La herramienta DMAIC consiguió llevar en un 0.624% los defectos del proceso, por lo tanto aplicando la herramienta DMAIC eleva esta proporción hasta 2.11% un valor más alto del anterior.

PORTILLO, Ruddy. QUINTANILLA, Alcir. Propuesta de aplicación de la filosofía Seis Sigma a las empresas certificadas con ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plástico. Tesis para optar el grado de (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Don Bosco, facultad de Ingeniería (2004). 148 pp. La cual tiene como objetivo general desarrollar una propuesta de Aplicación de la Filosofía Seis Sigma, a una empresa orientada al procesamiento de plásticos y Certificada con ISO 9000. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema Donde las conclusiones más relevantes fueron los siguientes:

En el proceso de inyección se hacen 18 millones de productos al año, con 6536.5 horas de trabajo, obteniendo como resultado 2754 und por hora. Concluyendo se obtendría 417231 unidades al año teniendo un 98.7% de rendimiento, tendría un total de 411807 unidades por año. Par el proceso de soplado tiene 16.8 millones de unidades, cuenta con 6536.5 horas de trabajo al año. Obteniendo como resultado 2570.2 unidades por hora. Concluyendo se obtendría 389385.3 unidades por año, con un 97.5% de rendimiento, tendría un total de 379650.7 unidades por año.

TOVAR, Blanca. Aplicación del Six Sigma a devoluciones de los clientes en comercialización de autopartes no originales. Tesis para optar el grado de (Maestría en Ciencia y Tecnología). Institucional en Ciencia y Tecnología, facultad de ingeniería (2014). 80 pp. Tiene como objetivo general aplicar la metodología Six Sigma y su ciclo DMAIC al proceso de comercialización de autopartes para disminuir su variabilidad, las devoluciones de clientes y los costos por la no calidad. Utiliza el método descriptivo explicativo con el fin de explicar las causas que ocasionan el problema. Las conclusiones son: Se logró disminuir en un 35 % las piezas en el periodo de Enero a Marzo del 2013 teniendo un nivel de sigma de 3.8 a 3.96, reduciendo los costos de calidad por \$695384.

### **1.3 TEORIAS RELACIONADAS**

#### **1.3.1 HISTORIA SIX SIGMA**

HERRERA (2011, p. 51). Six sigma se inicia en los años 80 como una táctica de mercado y un avance de calidad en Motorola, En esta época de los 80 fue donde se comenzaron a innovar nuevas técnicas para optimizar procesos y mejorar su productividad lo cual se planteó disminuir la variabilidad de los factores que afectan los procesos.

## DEFINICIÓN

PEREZ (2010, p. 1). Six sigma es una metodología que consiste en eliminar y minimizar defectos de los productos. Centrándose en la variabilidad de este. Utiliza la estadística para el estudio de procesos, siempre y cuando estén dentro de los límites de exigencia del cliente.

## ESTRUCTURA SIX SIGMA

HERRERA y FONTALVO (2011, p. 6). Six sigma tiene como objetivo la variabilidad de los procesos, esto conlleva a 5 pasos:

Definir el problema, tomando datos.

Medir esos datos, evaluando según la toma de datos.

Analizar el problema aplicando las mejoras y las herramientas necesarias.

Mejorar, implementando soluciones a los problemas.

Controlar el problema para que no se vuelva a repetir.

## VENTAJAS DE LA FILOSOFÍA SIX SIGMA

Miranda (2006, p. 11). Comprender que los procesos y los clientes son un sistema interrelacionado. Crear un sistema que tenga la capacidad de generar mayores ingresos obteniendo así mayores beneficios en un corto tiempo. Para obtener grandes resultados es necesario que haya una cultura de parte del personal.

## MEDIDA DEL NIVEL SIX SIGMA

HERRERA y FONTALVO (2011, p. 15). En toda empresa se puede medir el nivel sigma que tiene. Esta medida se da mediante una tabla y de acuerdo a esa tabla puedes comprobar el rendimiento que hay.

A continuación se le muestra los niveles sigma que hay:

Figura N° 6: Niveles SIX SIGMA

NIVEN EN SIGMA	DPMO	RENDIMIENTO
6	3.4	99.9997%
5	233	99.98%
4	6210	99.30%
3	66807	93.30%
2	308537	69.15%
1	690000	30.85%
0	933200	6.68%

Fuente: <https://www.pdcahome.com/4466/calculador-el-nivel-sigma-del-proceso/>

## DIMENSIONES SIX SIGMA

HERNANDEZ (2007, p. 4). Es importante medir el nivel de los procesos y notar si cambia través del tiempo. Pudiendo tener impacto satisfactorio en los negocios.

Unidad Defecto

Falla

Error

Defectuoso

Defecto por unidad

$$\text{DPO (DEFECTO POR OPORTUNIDAD)} = \frac{D}{U \times O}$$

$$\text{DPMO (DEFECTOS POR MILLON)} = \text{DPMO} = \text{DPO} * 1000000$$

## FASES Y HERRAMIENTAS EN LA METODOLOGIA SIX SIGMA

PEREZ (2010, p. 2). Six sigma busca la eliminación de la variación, los errores, las fallas para así elevar la calidad del producto. Para llegar al objetivo se tiene que seguir los siguientes pasos: Definir, Medir, analizar, mejorar, controlar. Las iniciales de esos pasos se abrevian en la herramienta DMAIC.

### FASE DEFINIR

PEREZ (2010, p. 3). Se elige el proyecto y se evalúan para posteriormente optimizar recursos. Después de seleccionar el proyecto se asigna un equipo dándole su rol a cada uno.

### FASE MEDIR

PEREZ (2010, p. 3). Intervienen las características que tiene el proceso. A partir de las características se mide y define el nivel de proceso.

### FASE ANALIZAR

PEREZ (2010, p. 4). El equipo se encarga de evaluar la información de los resultados, se plantean hipótesis relacionados con la causa efecto aplicando la estadística. De acuerdo a los resultados de la estadística analiza el proceso.

## FASE MEJORAR

PEREZ (2010, p. 4). Se relaciona la causa efecto (relación entrada y salida) para optimizar la operacionalización del proceso.

## FASE CONTROLAR

PEREZ (2010, p.5). Se gestiona los documentos necesarios para certificar lo logrado mediante el proyecto Six sigma. Cuando esté finalizado, se informa a la dirección y se descompone.

## DEFINICIÓN DE LA CALIDAD

SAN MIGUEL (2009, p. 6). El término de calidad es muy amplio donde lo veas, tiene distintas forma de entenderla. Una de ellas es que la calidad es lo bueno de un producto, otra seria calidad es cuando tiene más características, otro seria que la calidad es relacionada con su precio, a mayor precio mayor calidad, también se dice que la calidad es cumplir con los requisitos que ha fijado el cliente.

## FACTORES DE INFLUENCIA DE LA CALIDAD EN LA EMPRESA

SAN MIGUEL (2009, p. 14). Cuando se habla de calidad no esencialmente se habla del producto también se refiere al concepto de calidad total que esto conlleva a todos los ambientes de la empresa. Son 4 factores de influyen a la empresa: factor humano, factor tecnológico, factor comercial, factor medio ambiente.

## FACTOR HUMANO

SAN MIGUEL (2009, p. 15). En la empresa ya no se trata de uno solo, sino que todos interactúen, compartir ideas, por eso es importante considerar a la calidad como un valor humano.

## FACTOR TECNOLÓGICO

SAN MIGUEL (2009, p. 15). La tecnología día a día avanza hacen innovar a la empresa y al innovar optimizar recursos y brindan un mejor servicio con una buena calidad del producto a un mejor precio.

## FACTOR COMERCIAL

SAN MIGUEL (2009, p. 15). Hoy en día con el tema de la globalización las empresas tienen más forma de interactuar, por ejemplo compra y venta, con las diversas formas de adquirir un producto, la competencia se vuelve más compleja y los clientes tienen más opción de elegir el producto.

## FACTOR MEDIO AMBIENTE

SAN MIGUEL (2009, p. 16). El factor medio ambiente implica mucho porque trata la forma de contaminar menos el ambiente con lo que conlleva a establecer algunas normas o leyes que se cumplan.

### 1.3.2 DEFINICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

CARRO y GONZALES (2012, p. 1). La productividad lleva a la avance del proceso productivo. Es decir hace una comparación entre la cantidad de recursos y cantidad de bienes. Por consiguiente se puede decir que la productividad es la relación entre las salidas y las entradas.

$$PRODUCTIVAD = \frac{SALIDAS}{ENTRADAS}$$

### EXPRESIONES DE LA PRODUCTIVIDAD

CARRO y GONZALES (2012, p. 2). Existen varias alternativas para expresar la productividad, ellas son las siguientes:

#### PRODUCTIVIDAD PARCIAL Y PRODUCTIVIDAD TOTAL

CARRO y GONZALES (2012, p. 3). La producción parcial es todo lo que se produce entre uno de los recursos. La productividad total es la relación entre todas las salidas entre todas las entradas.

#### PRODUCTIVIDAD FÍSICA Y PRODUCTIVIDAD VALORIZADA

CARRO y GONZALES (2012, p. 3). La productividad física es la relación en la salida entre la entrada, se puede expresar en metros, unidades peso, etc.

La productividad valorizada se basa en unidades monetarias. La más usada es la productividad física por que brinda una mayor información y la productividad valorizada se utiliza más por los economistas.

#### PRODUCTIVIDAD PROMEDIO Y PRODUCTIVIDAD MARGINAL

CARRO y GONZALES (2012, p. 3). La definición de promedio se asocia al concepto parcial, aquí se puede hacer análisis entre diferentes sistemas.



La productividad marginal es el crecimiento del producto logrado por emplear una unidad de trabajo. Por ejemplo ¿cómo varia la productividad si duplicáramos la velocidad de una maquinaria?

#### PRODUCTIVIDAD BRUTA Y PRODUCTIVIDAD NETA

CARRO y GONZALES (2012, p. 4). La productividad bruta se relaciona entre el valor bruto de la salida y la entrada de los insumos.

En cambio la productividad neta es un valor agregado a la salida, denominado también así.

#### FACTORES DE LA PRODUCTIVIDAD

PROKOPENKO (1989). El proceso de producción es un método complejo y progresivo. Se relacionan entre sí como en el trabajo, el ambiente, y la organización. Existen 2 tipos: externos e internos.

#### FACTORES INTERNOS

PROKOPENKO (1989, p. 11). Existen 2 grupos duros (no se cambian fácilmente) y blandos (se puede cambiar).

#### FACTORES DUROS

PROKOPENKO (1989, p. 12). Producto: Aquí se ve como el producto llega al cliente si cumple con las expectativas de este, muchas empresas buscan la mejor manera de hacer que sus productos lleguen con una buena calidad.

Planta y equipo: Aquí juega un papel importante para el producto y un programa de gestión donde interviene: el mantenimiento adecuado, el funcionamiento, y que el equipo este en buenas condiciones.

Tecnología: La tecnología influye bastante en la productividad. Se puede llegar al logro, aumentar la productividad siempre y cuando tenga nuevos métodos de trabajo, optimizando recursos.

Materiales y energía. Incluso reducir en los materiales y en la energía se puede notar que hay buenos resultados. Siendo esto que se trata de optimizar algunos recursos.

## FACTORES BLANDOS

PROKOPENKO (1989, p.15). Personas: son los factores más importantes desde la alta gerencia hasta la última persona cada uno cumple su función ya sea ingeniero, gerente u operario.

Organización y sistemas: En la organización se centra la planificación, una organización tiene que funcionar con energía y enfocarse a los objetivos que tiene la empresa.

Métodos de trabajo: Es la forma de trabajar aplicando diversas formas de trabajo como por ejemplo métodos, esto da como resultado una mejor productividad.

## FACTORES EXTERNOS

PROKOPENKO (1989, p.17). Cabe mencionar que estos factores afectan en la productividad y no se pueden controlar, dentro de estos factores se encuentran: ajustes estructurales, recursos naturales, administración e infraestructura.

## DIMENSIONES DE LA PRODUCTIVIDAD

### EFICACIA

CHIAVENTAO (2007, P. 130). La eficacia es una medida del logro de resultados. Quiere decir se relaciona los objetivos / resultados propuestos.

Para medir la eficacia tenemos la siguiente formula:

$$E = \frac{NHP}{NHA}$$

E = Eficacia

N.H.A: Número de horas alcanzadas

N.H.P: Número de horas programadas

### EFICIENCIA

CHIAVENTAO (2007, P. 130). La eficiencia es una medida de la utilización de los recursos en ese proceso. También es una relación entre insumos y productos.

Para medir la eficiencia tenemos la siguiente formula:

$$EF = \frac{Pr}{Pe}$$

EF: Eficiencia

Pr: Producción Real

Pe: Producción esperada

## 1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.4.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad, en el área de soldadura en una empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC?

### 1.4.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿De qué manera la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la eficiencia en el área de soldadura en la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC?

¿De qué manera la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la eficacia en el área de soldadura en la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC?

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA. 2010, P 39. Justificación es exponer sus razones en la investigación. De manera que demostremos que el estudio es importante.

### 1.5.1 SOCIAL

El propósito de este trabajo es con el fin de poder ayudar de manera más práctica y objetiva a los trabajadores, ya que en el área de soldadura es donde se encuentra la mayor parte de reproceso. Para mejorar el área de soldadura se ha optado por utilizar la metodología Six sigma.

### 1.5.2 TÉCNICA

Lo que se busca es que no se cometan los mismos errores para ello se pondrán en marcha algunas herramientas: se capacitara al personal, habrá más interacción entre los personales, dando así como resultado la eliminación de los defectos.

### 1.5.3 ECONÓMICA

Los beneficios que se obtendrían son altos, ya que nos garantizan la eliminación de desperdicios, tiempos improductivos, llegar a los objetivos. Logrando así eliminar el resultado que era antes el de la baja productividad.

## 1.6 HIPÓTESIS

### 1.6.1 HIPÓTESIS GENERAL

La implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

### 1.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

La aplicación de la metodología Six sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

La aplicación de la metodología Six sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

## 1.7 OBJETIVOS

### 1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar como la implementación de la metodología Six Sigma mejora la productividad en el área de soldadura en una empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

### 1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Determinar como la implementación de la metodología Six sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

Determinar como la implementación de la metodología Six sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA SAC.

## II MÉTODO

## 2.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

### 2.1.1 SEGÚN SU FINALIDAD

Según BAENA, Guillermina (2014). La investigación aplicada aporta nuevos hechos, la nueva información puede ayudar para la teoría. La investigación aplicada lleva a la práctica los conocimientos generales. (p.11).

La investigación es de tipo aplicada ya que se propone aplicar la metodología Six Sigma en la empresa MQ. METALURGICA SAC, con la finalidad de mejorar la productividad, para ello se propone aplicar la herramienta DMAIC teniendo por finalidad la resolución de los problemas.

### 2.1.2 SEGÚN SU NIVEL O PROFUNDIDAD

La investigación se encuentra en el nivel descriptivo y explicativo. Según FIDIAS, Arias (2006). La investigación descriptiva son las características de un suceso. Determina el porqué de los hechos relacionando la causa-efecto. (p.24).

Esta investigación es de nivel descriptivo y explicativo, porque se medirá los niveles en el que la variable independiente Six Sigma mejora la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ. METALURGICA SAC.

### 2.1.3 SEGÚN SU ENFOQUE

Según HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. (2006). Enfoque cuantitativo se usa datos y la estadística para probar hipótesis. (p.5).

Este trabajo va a contar con datos numéricos y también el uso de la estadística ya que six sigma utiliza la estadística para medir su nivel.

### 2.1.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es un diseño experimental y cuasi experimental.

Según FIDIAS, Arias (2006). La investigación experimental es someter a determinados condiciones a un objeto o un grupo. (p.34).

Es experimental porque se utilizará la variable independiente (Six Sigma) para identificar las mejoras en la variable dependiente (Productividad)

La presente investigación es cuasi-experimental porque se registra la situación actual del área de soldadura, por consiguiente se hará el estudio de cómo se encuentra la productividad del área de soldadura mediante cuadros estadísticos después de la aplicación de la metodología Six Sigma, con el propósito de mejorar la productividad.

## 2.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

### 2.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

CARRASCO, Sergio (2006). La variable independiente son las que afectan a la variable dependientes, son las que dan conocimiento a estas. (p.223)

#### DEFINICIÓN CONCEPTUAL DEL SIX SIGMA

PEREZ (2010). Six sigma es una metodología que consiste en eliminar y minimizar defectos de los productos. Centrándose en la variabilidad de este. Utiliza la estadística para el estudio de procesos, siempre y cuando estén dentro de los límites de exigencia del cliente. (p. 1).

#### DEFINICIÓN OPERACIONAL DEL SIX SIGMA

Permite utilizar herramientas estadísticas para el estudio del proceso teniendo como meta reducir y echar los defectos en la entrega del producto para la satisfacción de los clientes, entregándoles un producto de calidad.

Utilizando las siguientes dimensiones:

$$DPO = \frac{D}{U \times O} \quad DPMO = DPO * 1000000$$

### 2.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

CARRASCO, Sergio (2006). Las variables dependientes son las que reciben toman autoridad, los efectos de otras variables. (p.223).

#### DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE PRODUCTIVIDAD

CARRO y GONZALES (2012). La productividad lleva a la avance del proceso productivo. Es decir hace una comparación entre la cantidad de recursos y cantidad de bienes. Por consiguiente se puede decir que la productividad es la relación entre las salidas y las entradas. (p. 1).

## DEFINICIÓN OPERACIONAL DE PRODUCTIVIDAD

La productividad involucra a todos los recursos entradas y salidas puede medirse de distintas formas pero en este caso tomaremos la eficiencia y la eficacia llevando así a la empresa al objetivo el de mejorar la productividad.

Utilizando las siguientes dimensiones:

$$EFICACIA = \frac{NHP}{NHA}$$

$$EFICIENCIA = \frac{Pr}{Pe}$$



### 2.2.3 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN

Tabla N° 6: Matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDEX	ESCALA
SIX SIGMA	PEREZ (2010). Six sigma es una metodología que consiste en eliminar y minimizar defectos de los productos. Centrándose en la variabilidad de este. Utiliza la estadística para el estudio de procesos, siempre y cuando estén dentro de los límites de exigencia del cliente. (p. 1).	Permite utilizar herramientas estadísticas para el estudio del proceso teniendo como meta reducir y echar los defectos en la entrega del producto para la satisfacción de los clientes, entregándoles un producto de calidad.	DPO (Defecto por oportunidad)	D= defectos U= unidades O= oportunidades $DPO = \frac{D}{U \times O}$	RAZON
			DPMO (Defecto por millon de oportunidades)	$DPMO = DPO * 1000000$	RAZON
PRODUCTIVIDAD	CARRO y GONZALES (2012). La productividad lleva a la avance del proceso productivo. Es decir hace una comparación entre la cantidad de recursos y cantidad de bienes. Por consiguiente se puede decir que la productividad es la relación entre las salidas y las entradas. (p. 1).	La productividad involucra a todos los recursos entradas y salidas puede medirse de distintas formas pero en este caso tomaremos la eficiencia y la eficacia llevando así a la empresa al objetivo el de mejorar la productividad.	EFICACIA	E = Eficacia N.H.A: Número de horas alcanzadas N.H.P: Número de horas programadas $E = \frac{NHP}{NHA}$	RAZON
			EFICIENCIA	EF: Eficiencia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada $EF = \frac{Pr}{Pe}$	RAZON

Fuente: Elaboración propia

## 2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 2.3.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO

BERNAL (2010), Población son todos los elementos que se refiere la investigación (p. 160).

Es decir a todo el conjunto de elementos, cosas, objetos que permitan medir lo que se necesite en la investigación.

En esta investigación la población de estudio será la producción de tuberías de 24” de diámetro que se elaboran en el área de soldadura en la empresa M.Q. METALURGICA, medida durante 15 días.

### 2.3.2 MUESTRA

Para HERNANDEZ (2014). Es una parte de la población. (p.173).

En la investigación la muestra será igual a la población, estudiar la producción de tuberías de 24” de diámetro que se elaboran en el área de soldadura en la empresa metalmecánica M.Q. METALURGICA, medido durante 15 días.

### 2.3.3 MUESTREO

En la presente investigación no hay muestreo ya que la población y la muestra son iguales, la muestra es de tipo censal.

## 2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 2.4.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la investigación, la técnica utilizada fue la observación, la misma que permitió obtener datos reales de la producción de tuberías de 24” de diámetro.

### 2.4.2 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se refiere a las distintas maneras de obtener la información. Para ello es un proceso de seleccionar el instrumento el cual debe ser válido y confiable.

Aquí se necesita fichas y formatos lo cual permitirá que se haga un análisis de los resultados que se producen y el tiempo que se necesita para la producción.

- Se tomara en cuenta los tiempos en que se realizaran los trabajos
- Si se cumplen los estándares de proceso.
- Si hay buenos y malos trabajadores
- Si hay buenos planos
- Si existe un buen control de calidad
- Si hay un ambiente de trabajo, entre otros factores.

Para la variable independiente y dependiente se utilizaron indicadores para las dos variables con el fin de medir el problema que era la baja productividad.

Instrumento de medición para la variable independiente Six Sigma.

- Indicador DPO (defecto por oportunidad) se medirá los defectos entre las oportunidades, en una hoja de formato de datos.
- Indicador DPMO (defecto por millón de oportunidades) Con este indicador se medirá en nivel sigma que tiene la empresa metalmecánica MQ. METALURGICA SAC, en una hoja de formato de datos.

Instrumento de medición para la variable dependiente Productividad.

- Eficacia se medirá el número de horas alcanzadas entre el número de horas programadas, en un formato de orden de producción.
- Eficiencia se medirá la productividad real entre la productividad esperada, en un formato de orden de producción.

### 2.4.3 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

- VALIDEZ

HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2014) nos dice: La validez se refiere que el instrumento mida con veracidad la variable que se va a medir. . (p.200).

Se utilizaron indicadores en la variable dependiente como la independiente los cuales nos permiten medir las dimensiones, por ello tenemos que saber si estos instrumentos se miden con exactitud.

La validez se mide por medio del juicio de expertos, por lo cual se toma en consideración a tres profesores de la Universidad Cesar Vallejo.

Tabla N° 7: Juicio de expertos

Apellidos y Nombres	Título o Grado	Juicio de Experto
Mg. Silva Siu	Ingeniero industrial	Aplicable
Mg. Sunohara Ramirez	Ingeniero industrial	Aplicable
Mg. Reynoso Vasquez	Ingeniero industrial	Aplicable

Fuente: Elaboración propia

- CONFIABILIDAD

HERNANDEZ, FERNANDEZ Y BAPTISTA (2014). De acuerdo al grado de aplicación se va a producir resultados iguales. (p.200).

Tanto como la variable dependiente como la independiente se utilizaran instrumentos de recolección de datos (fichas, datos, información). Lo cual es que los datos que recopilemos sean confiables.

## 2.5 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS

La presente investigación es cuantitativa, porque se recogen los datos obtenidos de los indicadores establecidos para ambas variables en el área de soldadura de la empresa metalmecánica MQ. METALURGICA.SAC. Después se analizaran los datos haciendo una comparación en antes y después de la aplicación de la metodología Six Sigma, una vez analizado se verifica si se acepta o rechaza la hipótesis.

- Para el análisis descriptivo se elaborara una base de datos, también se usara el programa Excel y SPSS, cuadros estadísticos y gráficos.
- Para el análisis inferencial se realiza inferencias objetivas basadas en los datos obtenidos, en este caso se utilizara Shapiro Wilk, ya que la muestra es menor e igual que 30.

Finalmente, se contrasta la hipótesis mediante T-Student o Wilcoxon para aceptar o rechazar la hipótesis nula.

## 2.6 ASPECTOS ÉTICOS

Toda la información es estricta mente de la empresa para ello se solicitó permiso de la gerencia general para la recolección de los datos e información. Una vez aceptada la solicitud se trabajó con total normalidad.

Garantizo que los datos han sido tomados con veracidad evitando el plagio de otros proyectos.

Para la elaboración de este proyecto se aplicó todos los conocimientos aprendidos en la universidad.

## 2.7 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

### 2.7.1 SITUACIÓN ACTUAL

MQ. METALURGICA es una empresa dedicada al rubro de la metalmecánica, brindando servicios de rolado, armado, soldado, maquinado y pintado.

#### MISIÓN

Somos una empresa metalmecánica competitiva, comprometida con la satisfacción de sus clientes brindando el mejor servicio, bajo un régimen de excelencia, calidad, y mejora continua.

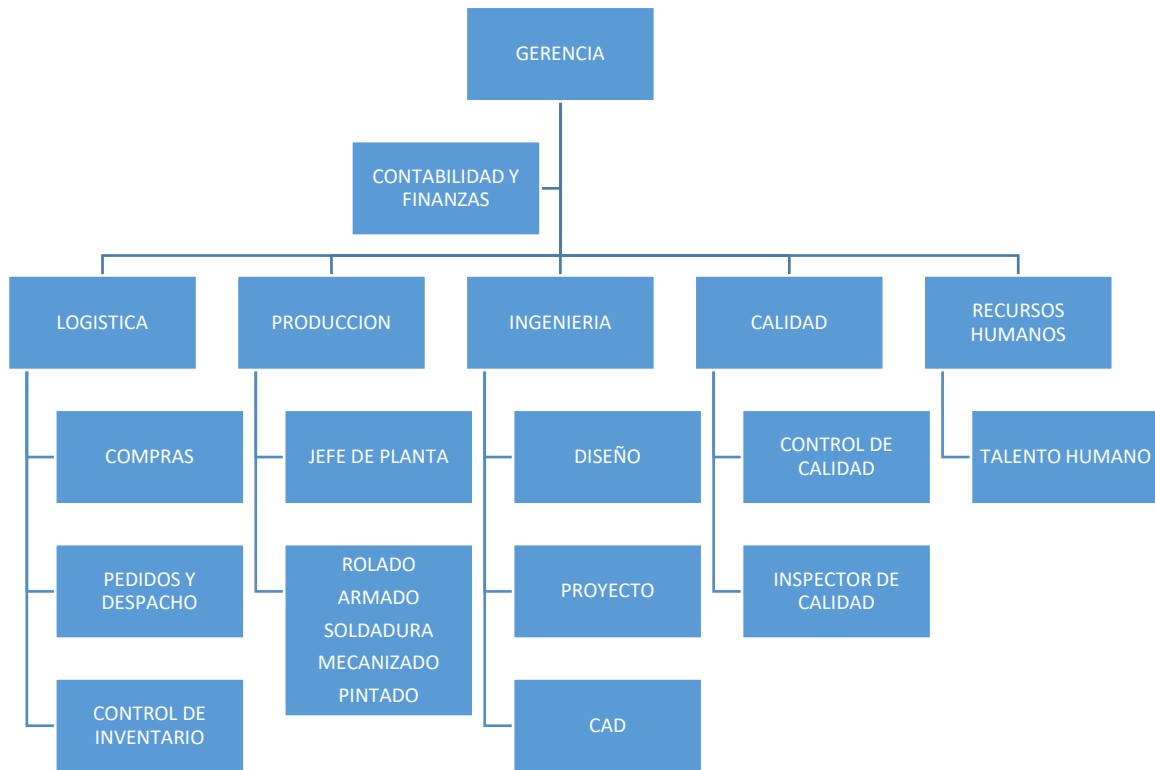
#### VISIÓN

Lograr la excelencia empresarial a través de una cultura de crecimiento sostenido, potenciando el desarrollo profesional de sus clientes y trabajadores en base a la generación de valores corporativos

### 2.7.1.1 ORGANIGAMA DE LA EMPRESA

Es la representación gráfica que se muestra la estructura organizacional de la empresa MQ METALURGICA SAC. El cual indica de forma esquemática las áreas que tiene.

Figura N° 7: Organigrama de la empresa



Fuente: Elaboración propia

### 2.7.1.2 DETERMINACIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS EN EL ÁREA DE SOLDADURA

En este punto comprende los principales procesos que realiza el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Por lo que se efectuaran mejoras en el área de soldadura, para mejorar su productividad.

#### a) Descripción del producto

En el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Se sueldan distintos tipos de figuras geométricas metálicas, como por ejemplo: tuberías, tanques, estructuras, codos.

Tabla N° 8: Productos fabricados por la empresa MQ METALURGICA SAC

PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
TUBERIAS	Es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos.	
TANQUES	Son estructuras de diversos materiales que se usan para guardar o preservar líquidos o gases.	
ESTRUCTURAS	Son piezas que al unir las formas estructuras destinados a soportar distintas capacidades de carga.	
CODOS	Son accesorios de tubería que sirven para desviar el fluido.	

Fuente: Elaboración propia

Los productos elaborados, requieren el proceso de soldadura ya sea, proceso gmaw, fcaw, u otro proceso. Siendo la soldadura como la presentación del producto, una buena soldadura habla de la calidad del producto.

a) Descripción del área de soldadura

El área de soldadura cuenta con 6 soldadores, una máquina para cada personas, cada soldador tiene su modo de trabajar, considerando la calificación que tiene cada uno.

En el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Está conformado por 6 máquinas de soldar y en cada máquina un operario soldador, como se muestra en la tabla N° 9:

Tabla N° 9: Relación Máquina/ operario

MÁQUINA DE SOLDAR	OPERARIO SOLDADOR
Maquina 1	Jorge Jimenez
Maquina 2	Gabriel Gamonal
Maquina 3	Pedro Vilcacure
Maquina 4	José Yaranga
Maquina 5	Juan Rojas
Maquina 6	Manuel Valdez

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se conocerá algunos recursos que tiene la empresa MQ METALURGICA SAC.

- Tiempo y horario

La jornada laboral es de 8 horas con 30 minutos de lunes a viernes y los días sábados 5 horas con 30 minutos, más 1 hora de refrigerio.





- Máquinas y procesos.


Las maquinas son uno de los recursos más importantes, sin las máquinas de soldar no se realizaría ningún trabajo es por ello que estas que la empresa MQ METALURGICA opta por tener buenas máquinas.

A continuación se detalla los procesos con lo que se puede soldar.



Tabla N° 10: Procesos del área de soldadura de la empresa MO METALURGICA.SAC

Proceso de soldadura	Definición	Imagen
SMAW	es un proceso de soldadura por arco eléctrico entre un electrodo revestido y un metal base	
GMAW	Es un proceso donde se utiliza gases protectores	
FCAW	Es un proceso que se utiliza gases protectores y alambre recubiertos con fundente.	
GTAW	se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno	

SAW	Es un proceso automático, donde se produce un arco a altas temperaturas.	
-----	--	---


Fuente: Elaboración propia

- Herramientas para la máquina de soldar

Para realizar la soldadura de alguna estructura, se requiere el uso de herramientas, la cual varían dependiendo el proceso de soldadura que se hace, entre las herramientas y piezas que se utilizan son las siguientes.

Tabla N° 11: Herramientas para la máquina de soldar

Herramienta y piezas	Definición	Imagen
Alambre para soldar	Es parte de la máquina de soldar, es el aporte para iniciar la soldadura	
Toberas	ES el elemento por el cual pasa el gas de soldadura.	
Rodillos	Herramienta por el cual el alambre es arrastrado para la soldadura.	

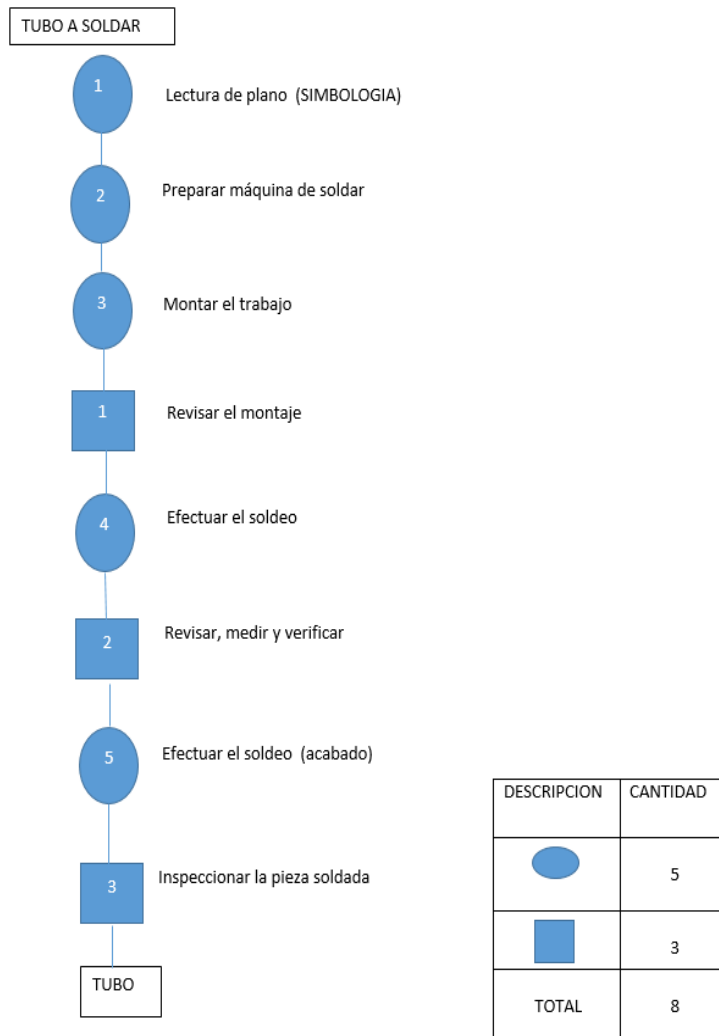
Fluxómetro	Es una herramienta que sirve para medir el flujo del gas de soldadura	
------------	---	---

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.1.3 Diagrama de Operaciones del área de soldadura (DOP)

A continuación se muestra el diagrama de operaciones del proceso, referido a la fabricación de tubo, el cual se lleva a cabo en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Figura N° 8: Diagrama de Operaciones del área de soldadura



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de operaciones se muestra todos los procesos que se realiza en el área de soldadura

**Lectura de plano (simbología):** Ingeniería brinda el plano de los detalles de soldadura, el operario soldador revisa el plano especialmente la simbología de la soldadura, para definir su cateto antes de soldar para así poder y tener claro que se va a soldar dentro los parámetros de las normas.

**Preparar máquina de soldar:** Después de interpretar la simbología de soldadura el operario soldador debe de preparar su máquina de soldar, alistándose en el lugar de trabajo y alistar sus accesorios u herramientas básicas de lo que va usar.

**Montar el trabajo:** El operario soldador debe de montar el trabajo a soldar en un sitio, en este caso es el de la tubería de 24” de diámetro montándolo en los polines giratorios y así se le haga más fácil el posicionamiento de soldadura.

**Revisar el montaje:** El operario soldador debe revisar el montaje de la pieza a soldar, cabe resaltar que el tubo a soldar tiene que estar bien montado por que un error sería fatal por eso se debe prevenir y tomar las acciones correctas, por eso se hace o revisa de nuevo el montaje del tubo.

**Efectuar el soldeo:** El operario soldador una vez verificado el montaje comienza a soldar dándole así el acabado de soldadura, va a depender mucho de la posición del soldador.

**Revisar, medir y verificar:** El operario soldador una vez que este con el 50 % de soldeo tiene que llamar a calidad para verificar la soldadura y ver si hay deformaciones y así poder seguir soldando.

**Efectuar el soldeo (acabado):** Después de revisar y verificar el tubo el control de calidad se sigue con el siguiente paso que es el del acabado de soldadura el operario soldador comienza a dar acabado al material a soldar.

**Inspeccionar la pieza soldada:** El control de calidad viene a verificar el trabajo soldado tomándole medidas e inspeccionando la soldadura para ver si hay alguna discontinuidad en la soldadura y así poder repararlo.

#### 2.7.1.4 Diagrama de actividades por proceso en el área de soldadura (DAP)

A continuación se muestra el diagrama de actividades que realiza el operario para la fabricación de tuberías del área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Tabla N° 12: Diagrama de análisis de procesos

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS										
Diagrama N° 1 Hoja N° 1				RESUMEN DE ACTIVIDAD			CANT.			
Objeto:				OPERACIÓN: ●			12			
Actividad: Soldeo de tubo				TRANSPORTE: ➡			3			
Metodo: Actual				ESPERA: ⏸			3			
Area: Soldadura				INSPECCION: ■						
Operario: Pedro Vilcure				ALMACENAMIENTO: ▼						
Elaborado por: Jorge Vladimir Pereda Quispe				OP/ INSP: ■						
Fecha: 23/10/2017				DISTANCIA: (MTS)			27 mt			
Actividad:				TIEMPOS (T)			495 min.			
N°	DESCRIPCION	(D) MT	(T) MIN	TIPO DE ACTIVIDAD						OBSERVACION
				OPERACION	TRANSPORTE	ESPERA	INSPECCION	ALMACENAMIENTO	OPERACION E INSPECCION	
1	Recibe el tubo	2	10			●				
2	Montaje de tubo en polines		15	●						
3	Operario realiza lectura de plano (Simbologia)		5	●						
4	Alistar herramientas y materiales de trabajo	10	15		●					
5	Busca sus herramientas		10			●				
6	Conecta sus herramientas a la maquina		10			●				
7	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●					
8	Limpieza en la zona de soldar (1° brida)		5	●						
9	soldeo de tubería (1° brida)		150	●						
10	Escobillar la tubería (1° brida)		10	●						
11	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●					
12	Limpieza en la zona de soldar (2° brida)		5	●						
13	soldeo de tubería (2° brida)		150	●						
14	Escobillar la tubería (2° brida)		10	●						
15	Verificacion del soldeo		30	●						
16	reparar soldadura		20	●						
17	Verificacion del soldeo	5	15	●						
18	Desmontaje de tubería		15	●						
TIEMPO TOTAL		27	495							

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 12, se muestra el diagrama de análisis de las actividades que realiza el operario para la elaboración de tubos de 24” de diámetro, así mismo se puede observar que el tiempo es de 495 minutos el tiempo que transcurre desde que recibes el tubo y haces el desmontaje del tubo, dando así un total de 12 actividades de operación, 3 actividades de transporte, 3 actividades de espera y una distancia total de 27 mts.

#### 2.7.1.5 Resultados actuales

#### Variable independiente SIX Sigma

Los indicadores se utilizan para medir o determinar algo que se va a estudiar, en un periodo de tiempo para ver cómo ha incrementado o disminuido el desempeño del proceso.

## Dimensión Defecto por oportunidad

### 1° Indicador: DPO

Lo que busca este indicador es calcular el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos. A continuación se le muestra los datos tomados en 30 días. Tomamos los resultados de cuantos tubos se producen en los 30 días y cuantos tubos defectuosos se detectó. Una vez teniendo los resultados se hace el cálculo del DPO.

Tabla N° 13: Resultados del DPO

Item	Tubos producidos	Tubos defectuosos
1	2	1
2	3	2
3	2	2
4	3	2
5	3	2
6	3	2
7	3	2
8	3	2
9	3	2
10	3	2
11	3	2
12	3	2
13	3	2
14	2	1
15	2	1
16	2	1
17	2	1
18	2	1
19	3	2
20	2	1
21	3	2
22	2	1
23	3	2
24	3	2
25	3	2
26	3	2
27	3	2

28	3	2
29	3	2
30	3	2
TOTAL	81	52

DPO	0.641975
-----	----------

Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la tabla N° 13: la cantidad de tubos producidos es de 81 y la cantidad de tubos defectuosos es de 52 dando así un alto porcentaje de producto defectuoso el DPO del área de soldadura es de 0.641975308 dándonos así el resultado actual.

#### Dimensión Defecto por millón de oportunidad

2° Indicador: DPMO

Lo que busca este indicador es el número de defectos en una muestra dividido entre el número de defectos multiplicado por 1 millón. Dela misma tabla se obtiene el DPMO: Solo el resultado del DPO lo multiplicamos por 1 millón y obtenemos el resultado y a la vez el valor del nivel Sigma.

		Nivel Sigma
DPO	0.641975	1.1
DPMO	641975	1.1

#### 2.7.1.6 RESUMEN DE LA VARIABLE SIX SIGMA

Una vez calculado los valores en cada indicador se hace el resumen de indicadores cada uno con su respectiva fórmula y resultado.

Tabla N° 14: Resumen del pre test de la variable six sigma

INDICADOR	FORMULA	RESULTADO
DPO	$DPO = D/U * O$	0.641975308
DPMO	$DPMO = DPO * 1000000$	641975.309

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 14: podemos notar el pre test de la variable six sigma dando así el primer indicador que es el DPO: defecto por oportunidad que nos sale 0.64197 y el segundo indicador DPMO: defecto por millón de oportunidades que nos sale 641975, concluyendo que con estos resultados podemos tener el valor sigma del proceso en este caso el valor sigma es de 1.1 que significa 36.5% de rendimiento del proceso.


#### 2.7.1.6 VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

- Productividad

Para la realización de la situación actual de la variable productividad para el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Se tomaron datos el cual se registra en el formato de cálculo de la producción, en la fabricación de tubos de 24” de diámetro.

En la tabla N° 15 se muestra el registro de la elaboración de tubos de 24” de diámetro, para así sucesivamente calcular los indicadores eficacia y eficiencia, se muestra la producción real y la producción planificada es decir la cantidad y hora estimada.

Tabla N° 15: Formato para calcular la producción

FORMATO PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN						
Area: Soldadura						
Operario: Pedro Vilcacure						
Realizado por: Jorge Pereda						
DÍA	PRODUCCION PLANIFICADA		PRODUCCION REAL		PRODUCCION REAL	
	PIEZAS ESTIMADAS	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	PIEZAS ESTIMADA	HORAS ESTIMADAS	PIEZAS PRODUCIDAS
1	1	7	08:15	1	7	0.848
2	1	7	08:05	1	7	0.865
3	1	7	08:20	1	7	0.84
4	1	7	08:00	1	7	0.875
5	1	7	08:03	1	7	0.869
6	1	7	08:10	1	7	0.857
7	1	7	08:10	1	7	0.857
8	1	7	08:25	1	7	0.831
9	1	7	08:05	1	7	0.865
10	1	7	08:00	1	7	0.875
11	1	7	08:15	1	7	0.848
12	1	7	08:15	1	7	0.848
13	1	7	08:10	1	7	0.857
14	1	7	08:20	1	7	0.84
15	1	7	08:05	1	7	0.865

Fuente: Elaboración propia



- 1° Indicador: Eficacia

Este indicador permitirá conocer la eficacia que hay entre la producción real entre la producción esperada. Se procede a realizar el cálculo para el área de soldadura, durante un periodo de 15 días el cual es el número establecido en la población.

Tabla N° 16: Fórmula para calcular la eficacia

INDICADOR	FÓRMULA
EFICACIA	EF: Eficacia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada $EF = \frac{Pr}{Pe}$

Fuente: Elaboración propia

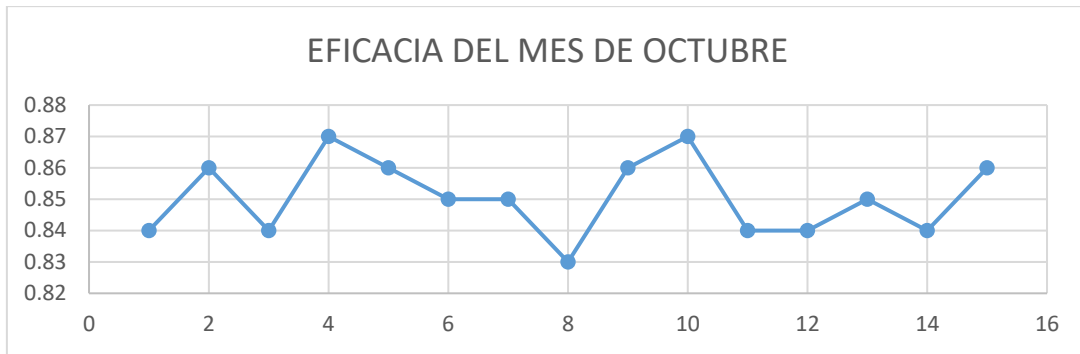
Tabla N° 17: Eficacia promedio del área de soldadura

Dias de produccion	Produccion real	Producción estimada	EFICACIA
1	0.848	1	0.84
2	0.865	1	0.86
3	0.84	1	0.84
4	0.875	1	0.87
5	0.869	1	0.86
6	0.857	1	0.85
7	0.857	1	0.85
8	0.831	1	0.83
9	0.865	1	0.86
10	0.875	1	0.87
11	0.848	1	0.84
12	0.848	1	0.84
13	0.857	1	0.85
14	0.84	1	0.84
15	0.865	1	0.86
			0.85

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 17: se muestra el resultado al calcular la eficacia durante los 15 días, el cual se obtiene un promedio de 0.85, lo que significa que el área de soldadura elabora el 85 % de la cantidad del tubo que se quiere producir.

Figura N° 9: Eficacia promedio del área de soldadura

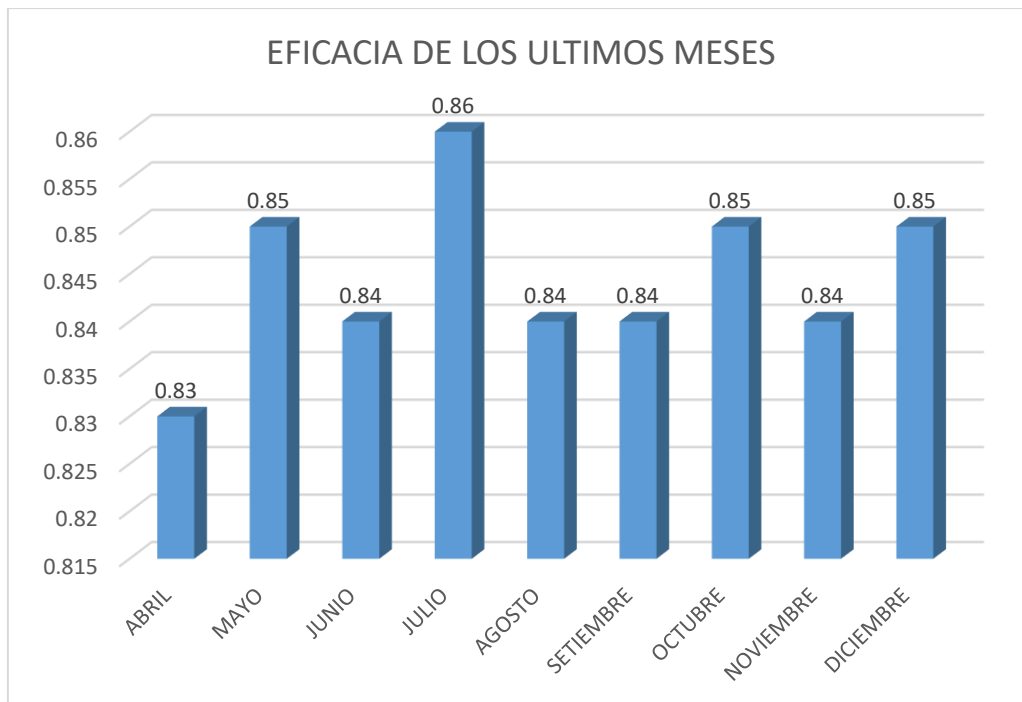


Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la figura N° 9: la eficacia en los distintos días, existe una variabilidad no llegando al objetivo. El objetivo es de 1 lo ideal que indica el buen desempeño del proceso.

#### EFICACIA DE LOS ÚLTIMOS MESES

Figura N° 10: Eficacia de los últimos meses



Fuente: Elaboración propia

- 2° indicador: Eficiencia

Este indicador permitirá conocer la eficiencia que hay entre el número de horas alcanzadas entre el número de horas programadas. Se procede a realizar el cálculo para


el área de soldadura, durante un periodo de 15 días el cual es el número establecido en la población.

Tabla N° 18: Fórmula para calcular la eficiencia

INDICADOR	FÓRMULA
EFICIENCIA	<p>E = Eficiencia                      N.H.A: Número de horas alcanzadas                      N.H.P: Número de horas programadas</p> $E = \frac{NHP}{NHA}$

Fuente: Elaboración propia. Se utilizó otro formato para calcular la producción, en el formato se calcula todo el día, en base a las horas:

Tabla N° 19: Formato para calcular la producción en base al día

FORMATO PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN				
Area: Soldadura				
Operario: Pedro Vilcacure				
Realizado por: Jorge Pereda				
DÍA	PRODUCCION PLANIFICADA		PRODUCCION REAL	
	PIEZAS ESTIMADAS	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	PIEZAS ESTIMADA
1	1.21	08:30	10	1.21
2	1.21	08:30	09:45	1.21
3	1.21	08:30	10:05	1.21
4	1.21	08:30	09:40	1.21
5	1.21	08:30	09:44	1.21
6	1.21	08:30	09:52	1.21
7	1.21	08:30	09:52	1.21
8	1.21	08:30	10:10	1.21
9	1.21	08:30	09:45	1.21
10	1.21	08:30	09:40	1.21
11	1.21	08:30	10	1.21
12	1.21	08:30	10	1.21
13	1.21	08:30	09:52	1.21
14	1.21	08:30	10:05	1.21
15	1.21	08:30	09:45	1.21

Fuente: Elaboración propia

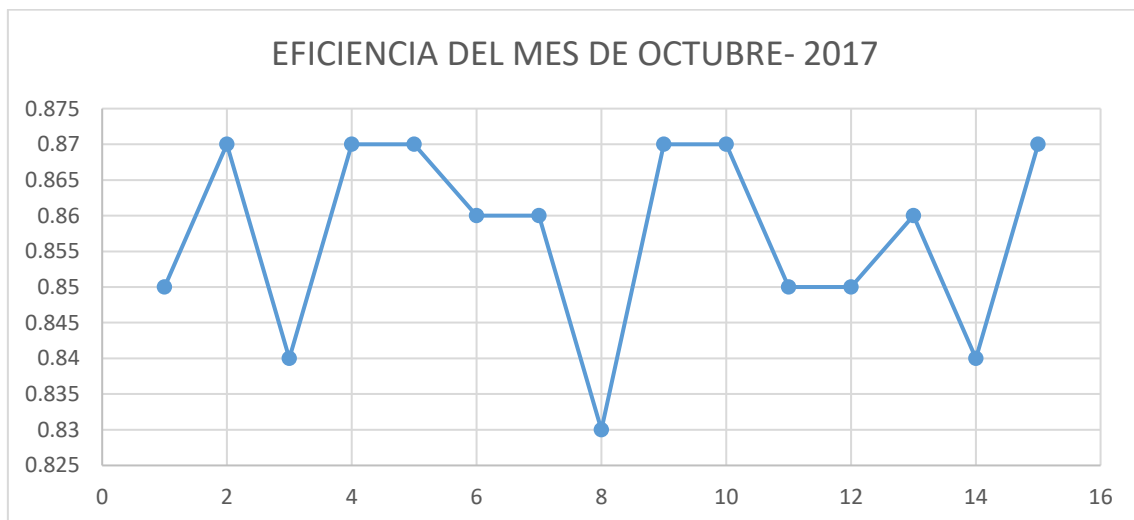
Tabla N° 20: Eficiencia promedio del área de soldadura

Días de producción	HORAS ALCANZADAS	HORAS PROGRAMADAS	EFICIENCIA
1	10	08:30	0.85
2	09:45	08:30	0.87
3	10:05	08:30	0.84
4	09:40	08:30	0.87
5	09:44	08:30	0.87
6	09:52	08:30	0.86
7	09:52	08:30	0.86
8	10:10	08:30	0.83
9	09:45	08:30	0.87
10	09:40	08:30	0.87
11	10	08:30	0.85
12	10	08:30	0.85
13	09:52	08:30	0.86
14	10:05	08:30	0.84
15	09:45	08:30	0.87
			0.86

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 20: se muestra el resultado al calcular la eficiencia durante los 15 días, el cual se obtiene un promedio de 0.86, lo que significa que el área de soldadura utiliza el 86 % del tiempo estimado.

Figura N° 11: Eficiencia promedio del área de soldadura

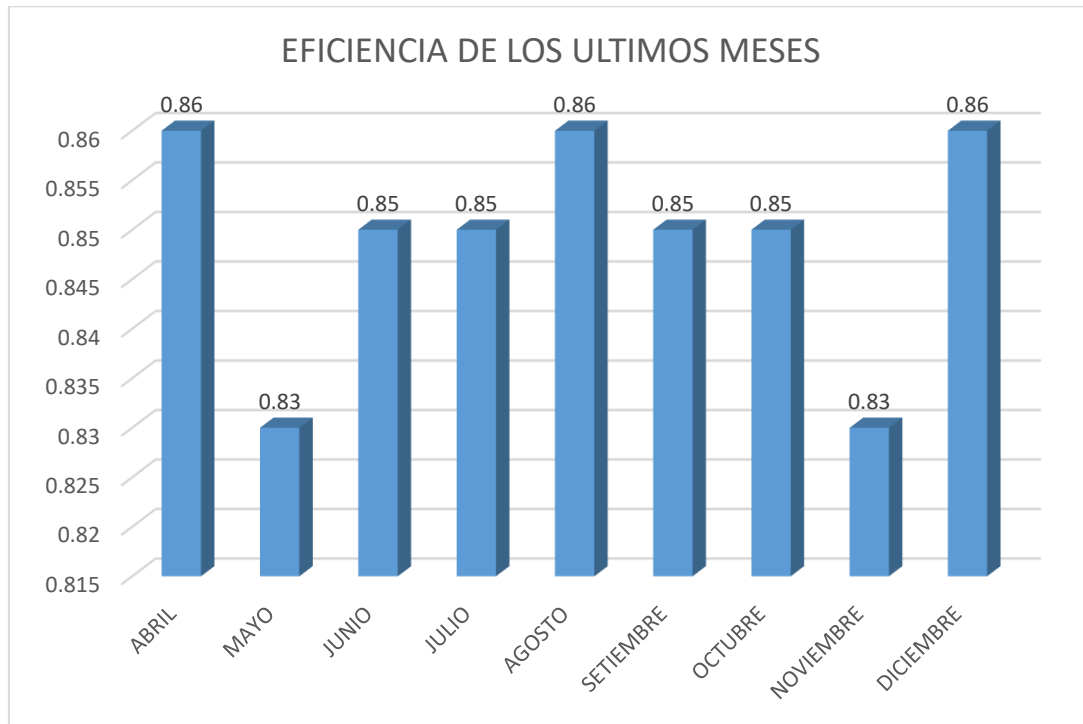


Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la figura N° 11: la eficiencia en los distintos días, existe una variabilidad no llegando al objetivo. El objetivo es de 1 lo ideal que indica el buen desempeño del proceso.

## EFICIENCIA DE LOS ÚLTIMOS MESES

Figura N° 12: Eficiencia de los últimos meses



Fuente: Elaboración propia

- Cálculo de la productividad

Para realizar el cálculo de la productividad del área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Se utilizaron las siguientes formulas antes de aplicar la metodología Six Sigma.

$$\text{Productividad} = \text{Eficacia} \times \text{Eficiencia}$$

Para ello, se necesita los datos sobre la eficacia y la eficiencia del área de soldadura para calcular la productividad:

Tabla N° 21: Productividad total del área de soldadura

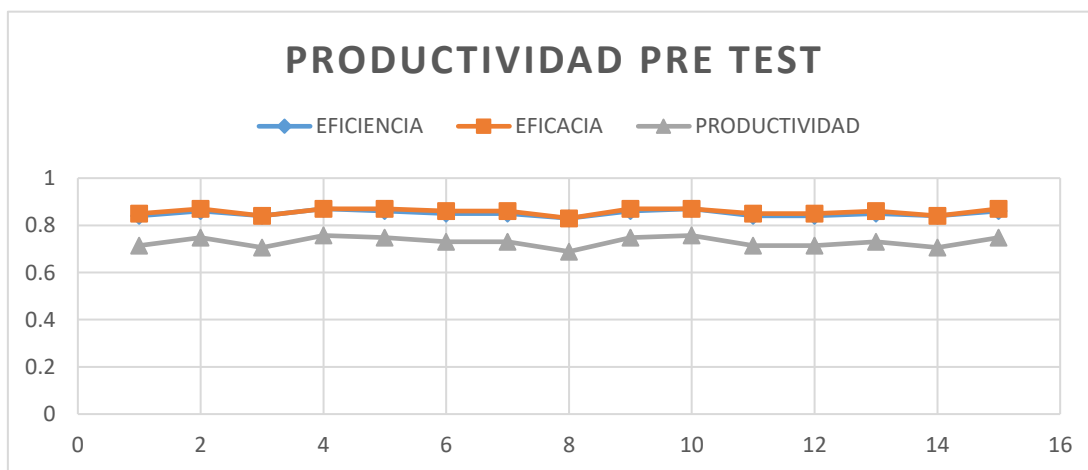
PRODUCTIVIDAD			
Área: Soldadura			
Realizado por: Jorge Pereda			
Días de producción	EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
1	0.84	0.85	0.71
2	0.86	0.87	0.74
3	0.84	0.84	0.70
4	0.87	0.87	0.75
5	0.86	0.87	0.74
6	0.85	0.86	0.73
7	0.85	0.86	0.73
8	0.83	0.83	0.68
9	0.86	0.87	0.74
10	0.87	0.87	0.75
11	0.84	0.85	0.71
12	0.84	0.85	0.71
13	0.85	0.86	0.73
14	0.84	0.84	0.70
15	0.86	0.87	0.74
			0.73



Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 21: muestra los resultados al calcular la productividad durante los 15 días, multiplicando la eficacia con la eficiencia dándonos un promedio de 0.73, lo que significa que el área de soldadura utiliza el 73 % del tiempo estimado, reflejando así la productividad actual.

Figura N° 13: Productividad total del área de soldadura



Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la figura N° 13, se muestra como es la situación respecto a la eficacia, eficiencia y productividad total en el área de soldadura en los distintos días.

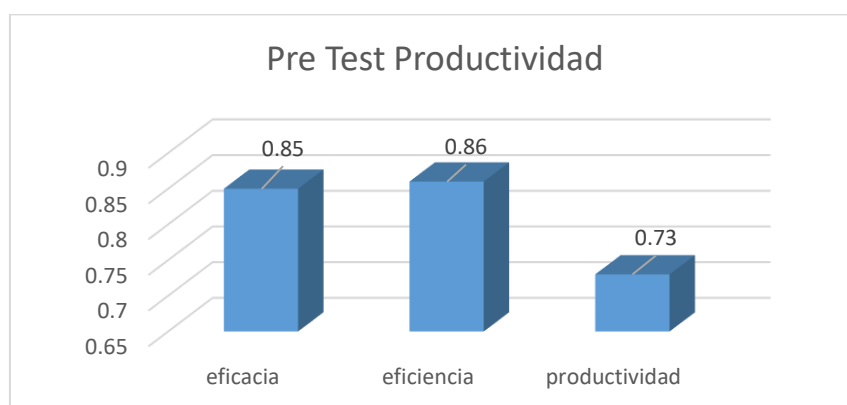
Tabla N° 22: Resumen de indicadores

Eficacia	0.85
Eficiencia	0.86
Productividad	0.73

Fuente: Elaboración

En la tabla N° 22, se muestra el resumen de cada indicador con la respectiva producción. Eficacia de 85%, eficiencia de 86% dándonos una productividad de 73%

Figura N° 14: Pre Test de la variable productividad



Fuente: Elaboración propia

Según la figura N° 14, se puede observar que el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA la productividad es de 73%, eso quiere decir que la empresa emplea el 0.73% de los recursos disponibles.

### 2.7.2 PROPUESTA DE MEJORA

Un plan de mejora son acciones que requieren cambios el cual debe ser establecido por la empresa para mejorar la causa por la que el área de soldadura tenga baja productividad.

El plan de mejora de esta tesis tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la eficacia y por ende la productividad a través de la aplicación de la metodología six sigma e utilizando la herramienta DMAIC.

Ante todo esto se realizara el Diagrama de Gantt donde se muestra las actividades que se realizaran para llevar a cabo la implementación de la herramienta DMAIC.

2.7.2.1 DIAGRAMA DE GANTT

Figura N° 15: Diagrama de Gantt

N°	ACTIVIDADES	DURACION	COMIENZO	FIN	MARZO				ABRIL				MAYO							
					S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
	IMPLEMENTACION DE LA HERRAMIENTA DMAIC	50 dias	20/03/2018	09/25/2018																
1	DEFINIR	6 dias																		
2	Roles de equipo	1 dia																		
3	Analisis de la voz del cliente	3 dias	20/03/2018	26/03/2018																
4	mapas del proceso	2 dias																		
5	MEDIR	10 dias																		
6	Identificacion y secuencia del proceso	2 dias																		
7	Definicion de los elementos del proceso	3 dias	26/03/0218	05/04/2018																
8	Descripcion de cada uno de los procesos	3 dias																		
9	Medir variables	2 dias																		
10	ANALIZAR	9 dias																		
11	Identificacion de la causa raiz problema	2 dias																		
12	Evaluar la capacidad de proceso	4 dias	05/04/2018	14/04/2018																
13	Calcular el nivel sigma	3 dias																		
14	MEJORAR	8 dias																		
15	Eliminar la causa raiz	3 dias	14/04/2018	22/04/2018																
16	Reducir los tiempos muertos	5 dias																		
17	CONTROLAR	17 dias																		
18	Plan de implementacion de soluciones	6 dias																		
19	Planes del control de responsables	6 dias	22/04/2018	09/05/2018																
20	Conclusion del proyecto de actividades.	5 dias																		

Fuente: Elaboración propia



## 2.7.3 IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA

### PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de los procesos de mejora se utilizara la metodología Six Sigma para llevar a las soluciones que tiene la causa de baja productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA.

Para poder desarrollar la metodología Six Sigma, utilizaremos la herramienta DMAIC enfocándonos en la reducción de las variaciones que hay en el área de soldadura, buscando soluciones a la causa raíz del problema.

#### 2.7.3.1 APLICACIÓN DE LA METODOLOGIA DMAIC

##### 2.7.3.2 ETAPA DEFINIR (D)

En esta fase se define el proyecto realizando mapas de procesos donde se muestran las actividades y el tiempo el cual se realiza la actividad. El equipo tendrá la tarea de comprender los requerimientos del proceso.

En la fase definir se tomaran en cuenta los siguientes entregables:

- Roles del equipo.
- Análisis de la voz del cliente a Críticos para la calidad
- Mapas del proceso.
- Diagrama del proyecto.

##### 2.7.3.2.1 DEFINICIÓN DEL EQUIPO

Para un buen desarrollo de la metodología Six Sigma se requiere un buen equipo y un buen trabajo en equipo, para ello a continuación se definirá la formación e integrantes del equipo del proyecto, esta selección está basada en la experiencia de las personas en el proceso.

La formación del equipo está conformada desde la gerencia hasta los jefes de área como se muestra en la tabla N° 23: Definición del equipo de trabajo.

Tabla N° 23: Definición del equipo de trabajo

GERENCIA	ING. WILDER QUINTANILLA
INGENIERÍA	ING. RICARDO GUTIERREZ
PRODUCCIÓN	ING ANDRE SALINAS
CALIDAD	JHON CAUTI
ASISTENTE DE PRODUCCIÓN	JORGE PEREDA
JEFE DE PLANTA	MARCOS CHIRINOS

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 23: se muestra la definición del equipo del proyecto tanto desde la gerencia general hasta el jefe de planta.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS ROLES

Tabla N° 24: Roles del equipo de trabajo

ROL	CARGO
CHAMPION	Gerente de mejora Continua
BLACK BELTS	Coordinador de mejora continua
GREEN BELTS	3 Ingenieros de Procesos

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 24: podemos observar los roles que cumple el equipo de trabajo, a continuación se le detallara más de los roles que cumple el equipo.

Tabla N° 25: Principales funciones del equipo de trabajo

CARGO	PRINCIPALES FUNCIONES
Champions	Normalmente son los ejecutivos quien tiene la responsabilidad del proyecto. Los Champions a menudo son gerentes de divisiones y tienen como funciones las aprobaciones de planes de proyecto, aprobaciones de recursos. Los Champions trabajan cercanamente con los equipos con la finalidad de asegurar que los equipos entiendan los objetivos estratégicos de las campañas Six Sigma.
Black Belts	Es un ejecutor del Six sigma quien tiene un riguroso entrenamiento en métodos estadísticos usados para evaluar y analizar los datos y resultados en el proyecto Six Sigma. Deben tener habilidades y conocimientos para liderar proyectos a través de la organización, actúan como miembros y entrenadores de Green Belts e identifican buenos proyectos para Six Sigma

Green Belts	Es un profesional en Six Sigma desempeñándose usualmente a medio tiempo, quien es entrenado en metodologías de solución de problemas, DMAIC y herramientas de estadísticas básicas. Los Green Belts son miembros de equipos de proyectos.
-------------	---

Fuente: Elaboración propia

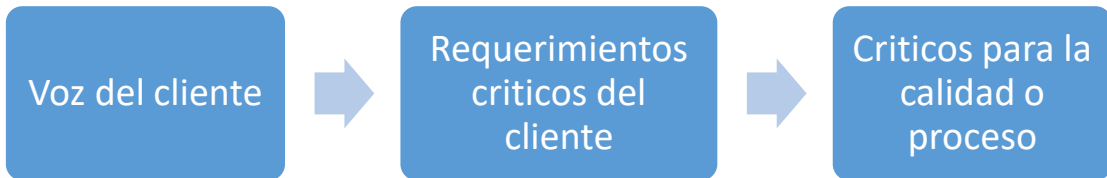
De la tabla N° 25: podemos notar los cargos y las principales funciones que desempeña cada cargo Champions, Black Belts y Green Belts.

### 2.7.3.2.3 ANÁLISIS DE LA VOZ DEL CLIENTE A CRITICOS PARA LA CALIDAD

Para establecer la voz del cliente, el equipo se concentrará en ver que es lo que el cliente desea y exige para establecer este punto se tomará como referencia la base de datos interna.

El siguiente paso es definir la voz del cliente (VOC) en los requerimientos críticos del cliente (CCR) y como se determina en los críticos para la calidad (CTQ) del producto o proceso.

Figura N° 16: Proceso de determinación de VCO a CCR a CTQ



Gran Y (CTS)	Reducir el error en el trazado y corte de tubo
Voz de cliente: Erro en el trazado y corte de tuberia	
Sub Y (CCR)	Habilitado de tubos defectuosos
Requerimiento critico del cliente: Reducir el mal trazado y corte de tuberia	
Pequeña Y (CTQ)	% nivel defectuosos por trazado y corte
Declaracion del objetivo: Reducir tubos defectuosos	

Fuente: Elaboración propia

A continuación se le detalla cómo se clasifica la calidad de proceso.

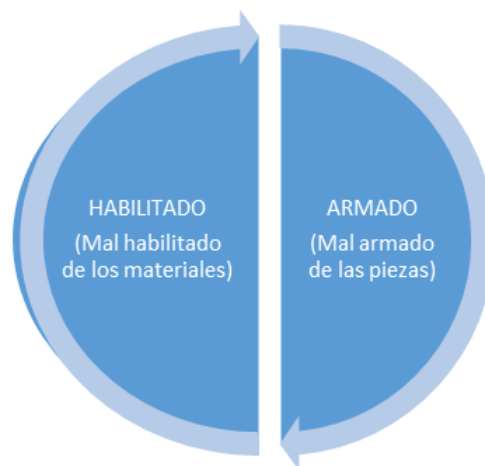
**VOZ DE CLIENTE:** Se tomó en cuenta la data obtenida mediante la entrevista a 30 personas clientes internos la mayoría operadores y 5 personas parte del cliente. Esta información servirá al equipo para evaluar los requerimientos de la voz de cliente.

**REQUERIMIENTOS CRITICOS DEL CLIENTE:** En este caso los requerimientos fueron de los controles de calidad de la empresa que le hacemos servicio “VALVULAS INTERNACIONALES” , los control de calidad resaltaron que la posible causa que impacta en la calidad de proceso pudieran ser el habilitado de material, el corte , el armado, el apuntalado, el material de aporte, teniendo estas posibles causas se determinó cuáles son las posibles causas que impactan de manera distinta en la elaboración del producto.

**CRITICOS PARA LA CALIDAD O PROCESO:** Con los datos obtenidos se pudo concluir que las causas que generan o impactan al producto son el habilitado de material, y el armado de tuberías.

La baja productividad que se genera en el área de soldadura está clasificado en dos tipos que impactan de manera distinta en la calidad del proceso.

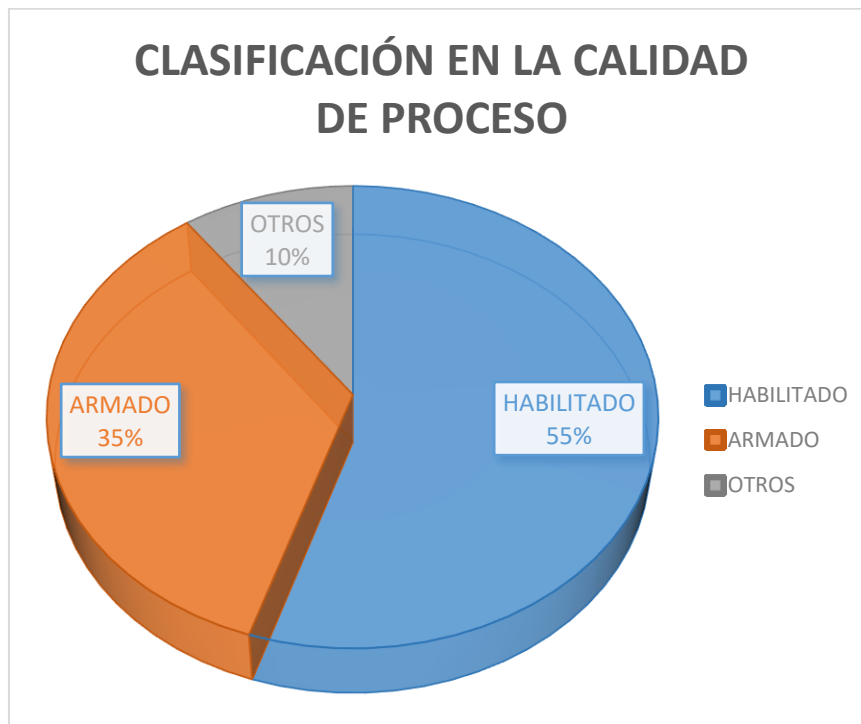
Figura N° 17: Clasificación en la calidad de proceso



Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 17: se puede observar los dos tipos de causas que generan e impactan de manera distinta en la calidad de proceso que son el habilitado de material (tuberías) y el armado de tuberías. Dando así la siguiente gráfica:

Figura N° 18: Porcentaje en la Clasificación de proceso



Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 18: podemos notar que el de mayor porcentaje es el habilitado de material con un 55%, el armado en 35% y otros en 10% podemos concluir que el proceso que presenta un mayor impacto al cliente como producto final es el habilitado con un 55%. En el proceso de habilitado es donde se traza el tubo y se corta y sale a la medida al proceso de armado, en este proceso es donde se presenta mayor defectos.

#### 2.7.3.2.4 MAPA DE PROCESO

En esta parte se presentarán el mapa de proceso los cuales son importantes de los entregables en la fase definir, este mapa está desarrollado en base actual del proceso, con la finalidad de que se consideren todas las variables del proceso que afecten potencialmente en las características del producto o proceso a evaluar.

Tabla N° 26: Diagrama de proceso

MAPA DE PROCESO				
INICIO: Materia Prima			FIN: Producto terminada	
PROVEEDORES	ENTRADAS	PROCESOS	SALIDAS	CLIENTES
Materia prima	Tuberías Bridas Soldadura Esmeriles Guantes Epps	Habilitado de material Limpieza de material Verificación de las medidas Armado de las bridas Verificación total Soldeo de bridas Limpieza de tubería Pintado de tubería	Tubería Tubería con injertos	Satisfacción del cliente

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 26: se nota el diagrama de proceso que va desde los proveedores, entrada, proceso, salida, clientes. A continuación se le detalla los procesos:

**PROVEEDORES:** Son los que nos abastecen los materiales.

**ENTRADAS:** Son las tuberías, bridas, soldadura, esmeriles, guantes, herramientas epps, son todos los accesorios, herramientas y equipos que intervienen en el proceso y producto.

**PROCESO:** Es el conjunto de actividades para realizar un producto en este caso la tubería mediante un habilitado de material, corte de material, armado de tubería, soldadura de tubería y pintado de tubería.

**SALIDA:** Es el producto final las tuberías.

**Clientes:** la satisfacción del cliente por la calidad del producto.

#### 2.7.3.2.5 DIAGRAMA DE ANÁLISIS

Este diagrama de análisis muestra el detalle de la secuencia de actividades para la realización de tuberías de 24", representando la secuencia de operaciones, transporte, inspecciones, demoras y los almacenamientos que ocurren en el proceso.

Tabla N° 27: Diagrama de análisis

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS											
Diagrama N° 1 Hoja N° 1				RESUMEN DE ACTIVIDAD		CANT.					
Objeto:				OPERACIÓN: ●		12					
Actividad: Soldeo de tubo				TRANSPORTE: ➡		3					
Metodo: Actual				ESPERA: ●		3					
Area: Soldadura				INSPECCION: ■							
Operario: Pedro Vilcacure				ALMACENAMIENTO: ▼							
Elaborado por: Jorge Vladimir Pereda Quispe				OP/ INSP: ■							
Fecha: 23/10/2017				DISTANCIA: (MTS)		27 mt					
Actividad:				TIEMPOS (T)		495 min.					
N°	DESCRIPCION	(D) MT	(T) MIN	TIPO DE ACTIVIDAD							
				OPERACION	TRANSPORTE	ESPERA	INSPECCION	ALMACENAMIENT	OPERACIÓN E INSPECCION	OBSERVACION	
1	Recibe el tubo	2	10			●					
2	Montaje de tubo en polines		15	●							
3	Operario realiza lectura de plano (Simbología)		5	●							
4	Alistar herramientas y materiales de trabajo	10	15		●						
5	Busca sus herramientas		10			●					
6	Conecta sus herramientas a la maquina		10			●					
7	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●						
8	Limpieza en la zona de soldar (1° brida)		5	●							
9	soldeo de tubería (1° brida)		150	●							
10	Escobillar la tubería (1° brida)		10	●							
11	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●						
12	Limpieza en la zona de soldar (2° brida)		5	●							
13	soldeo de tubería (2° brida)		150	●							
14	Escobillar la tubería (2° brida)		10	●							
15	Verificacion del soldeo		30	●							
16	reparar soldadura		20	●							
17	Verificacion del soldeo	5	15	●							
18	Desmontaje de tubería		15	●							
TIEMPO TOTAL		27	495								

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 27, se muestra el diagrama de análisis que realiza el operario para la elaboración de tubos de 24” de diámetro, así mismo se puede observar el tiempo de fabricación es de 495 minutos. A continuación se le muestra el detalle de las actividades

- 1. Recibe el tubo:** Una vez que el tubo este armado pasa al proceso de soldeo, se recibe el tubo armado.
- 2. Montaje de tubo en polines:** Después de recibir el tubo se procede a montar el tubo en polines giratorios, en los polines es mucho más fácil soldar.
- 3. Lectura de plano (simbología):** el operario soldador revisa el plano especialmente la simbología de la soldadura, para así poder y tener claro que se va a soldar.

4. **Alistar las herramientas y materiales de trabajo:** Seguido del montaje se procede a listar las herramientas, accesorios de trabajo.
5. **Busco herramientas:** Busca las herramientas y el equipo a utilizar en este caso la máquina de soldar.
6. **Conecta sus herramientas a la máquina:** Conecta los accesorios por ejemplo: la tobera, los gases para la soldadura, el alambre de soldar.
7. **Llevar la máquina donde se va a soldar:** Es el transporte de la máquina de soldar donde comenzara a soldar el operario.
8. **Limpieza en la zona de soldar (1° brida):** Se limpia dónde se va a soldar pasando una escobillada en la zona sucia.
9. **Soldeo de tubería (1° brida):** Inicio de la soldadura en la primera brida.
10. **Escobillar la tubería (1° brida):** Después del soldeo de brida se escobilla zona soldada.
11. **Llevar la máquina donde se va a soldar:** Después de escobillar la zona soldada se procede a llevar la máquina hacia el otro lado de la tubería donde se soldara.
12. **Limpieza en la zona de soldar (2° brida):** Se limpia dónde se va a soldar pasando una escobillada en la zona sucia.
13. **Soldeo de tubería (2° brida):** Inicio de la soldadura en la segunda brida.
14. **Escobillar la tubería (2° brida):** Después del soldeo de brida se escobilla zona soldada.
15. **Verificación del soldeo:** Una vez soldada toda la tubería se procede a verificar las medidas y la soldadura.
16. **Reparar la soldadura:** Después de la verificación de la soldadura se observaron inconformidades en la soldadura lo que se procede a reparar la soldadura.
17. **Verificación del soldeo:** Una vez reparada la soldadura de toda la tubería se procede a verificar las medidas y la soldadura.
18. **Desmontaje de tubería:** Una vez que el producto esté terminado se desmonta y se va a otro proceso.

#### 2.7.3.2.6 DIAGRAMA DEL PROYECTO

El diagrama de proyecto es para tener claro los alcances y objetivos que tiene el proyecto y así tener una idea general en que consiste el proyecto.



Tabla N° 28: Diagrama del proyecto

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	PLAN DE EQUIPO
Proceso	Proceso en el cual se necesita una mejora continua	Área de soldadura
Descripción del proceso	Propósito del proyecto y sus alcances	Propuesta de mejoramiento para el área de soldadura
Declaración del problema	Lo que el equipo busca mejorar	Reducir la variabilidad que tiene el proceso
Objetivo	Llegar al logro aumentando el nivel sigma de 1.1 a 3 Sigma	Reducir la los defectos que causan la baja productividad en el área de soldadura,
Miembros del equipo	Roles y funciones	GERENCIA: ING WILDER QUINTANILLA INGENIERÍA: RICARDO GUTIERREZ PRODUCCIÓN: ING. ANDRES SALINAS ASISTENTE DE PRODUCCIÓN: JORGE PEREDA JEFE DE PLANTA: MARCOS CHIRINOS
Alcance del proyecto	Metodología utilizada en el proceso	METODOLOGÍA: se utilizara la herramienta DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar)
Clientes beneficiados	Clientes internos y externos satisfechos	Clientes internos: administrativos y planta Clientes externos: el cliente
Cronograma	Definir, medir, analizar, mejorar y controlar	Sera en 50 días
Definición del recurso	Desarrollar el proyecto	Mejoras

Fuente: Elaboración propia

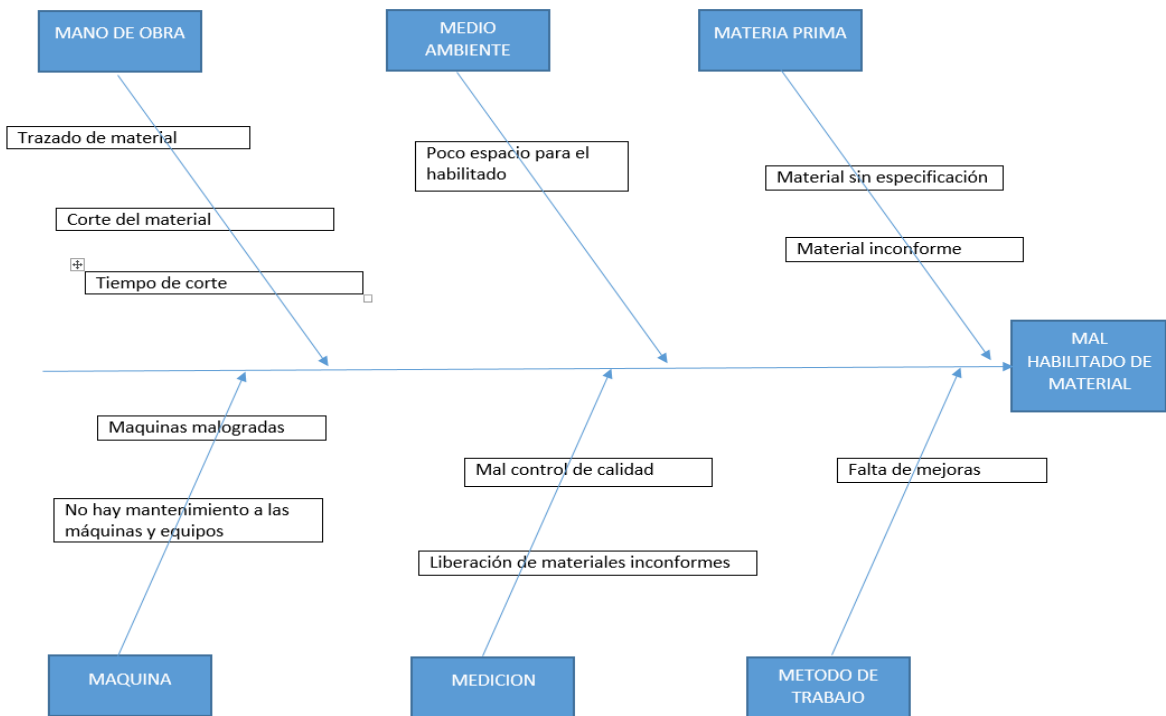
De la tabla N° 28: Se detalla el diagrama del proyecto que consiste en el proceso, descripción del proceso, declaración del problema, objetivo, miembros del equipo, alcance del proyecto, clientes beneficiados, cronograma, definición del recurso.

### 2.7.3.3 MEDIR (M)

En esta etapa se tiene como objetivo medir las variables de la empresa, toma de muestra, mediciones para saber la capacidad del proceso con respecto a las variables seleccionadas.

En la etapa DEFINIR definimos que la variable que afecta en la calidad del producto es el **mal habilitado de material**, una vez identificada se procede a realizar un análisis causa efecto para determinar cuáles son las sub-causas.

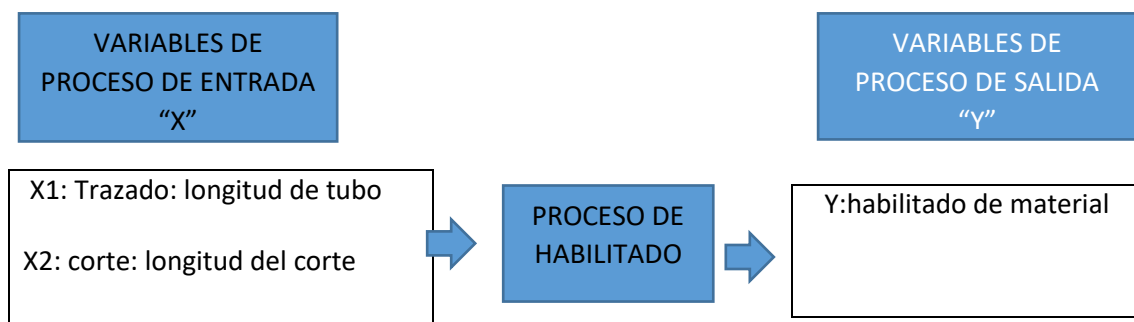
Figura N° 19: Diagrama de Ishikawa del proceso de habilitado



Fuente: Elaboración propia

Una vez identificadas las sub causas se identificara las variables “x” solo las que afecten de manera más perjudicial al proceso de habilitado de material.

Tabla N° 29: Variables de entrada y salida

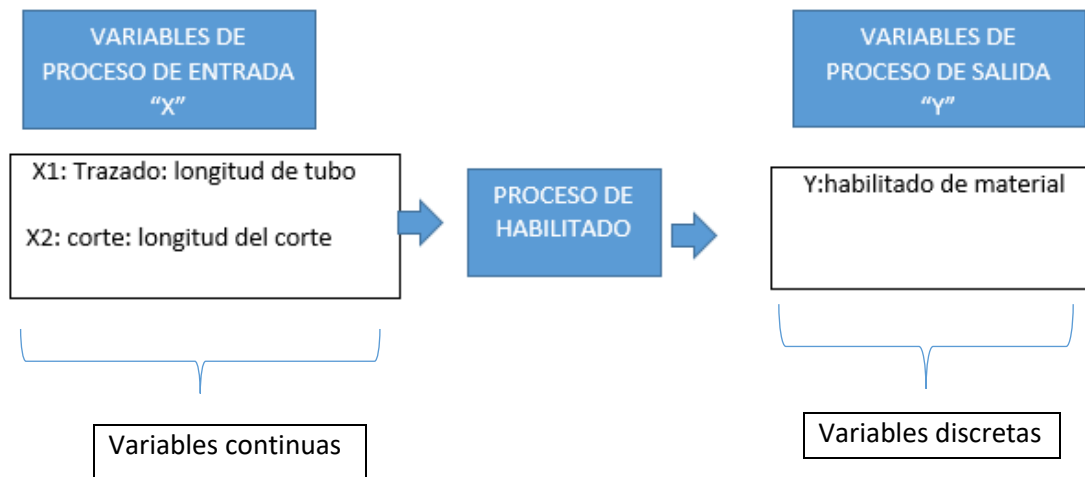


Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3.3.1 TIPO DE DATOS

Se identificara el tipo de dato para lo cual consideramos algunos conceptos estadístico. Para la variable “x” son del tipo continuo por que se toman varias variables y las variables “Y” son de tipo discreta (pasa/ no pasa), se toma un único valor.

Tabla N° 30: Variables continuas y discretas



Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3.3.2 PLAN DE RECOLECCION DE DATOS

El propósito de recolección de datos es asegurar que la data sea consistente en todo el proceso de medición de las variables “x” e “y” definidas anteriormente. La toma de datos es determinante para la duración del proyecto.

### ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MEDICION (MSA)

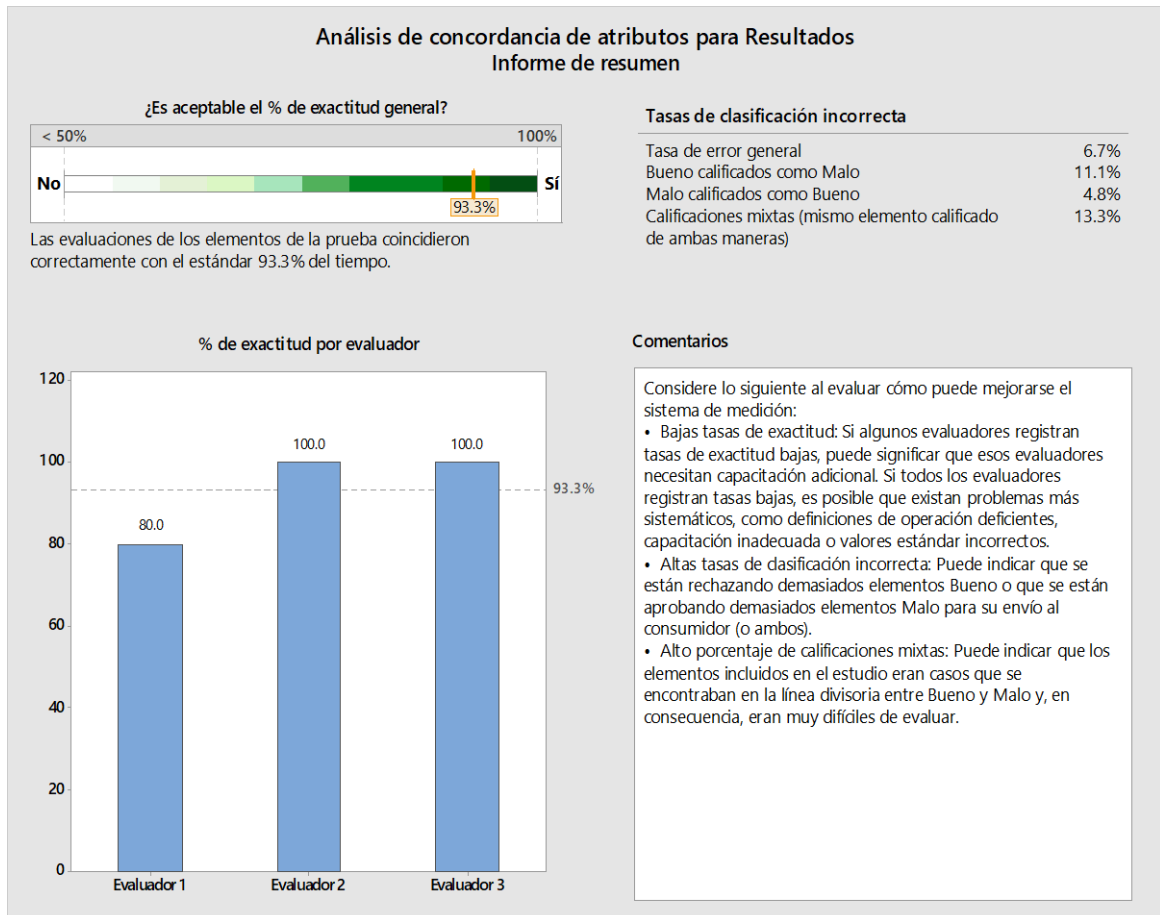
Una vez definido los tipos de datos se validara el sistema de medición y la data antes de que sea analizada, teniendo en cuenta los lineamientos del manual de análisis del sistema de medición y haciendo uso del programa Minitab 17, se realizara el estudio para las variables “x” e “y”.

#### MSA PARA LA VARIABLE “Y”

A continuación se mostrara el análisis de medición de atributos para la identificación de producto defectuoso, para lo cual se mostraran las principales consideraciones tomadas y los resultados en función del estudio realizado.

El análisis fue realizado con tres personas responsables para evaluar el producto considerando una muestra de 10 tubos de los cuales 3 son buenos y 7 son malos. A continuación se muestran los resultados del análisis del sistema de medición realizado.

Figura N° 20: Resultado del análisis por atributos



Fuente: Elaboración propia – Programa Minitab

En la figura N° 20, se puede mencionar que el sistema de medición de la variable “y” es aceptable, sin embargo las altas tasas de clasificación incorrecta puede indicar que se están rechazando demasiados elementos buenos o que se están aprobando demasiados elementos malos para su envío al siguiente proceso. Por eso nos sale un 4.8% de tubos defectuosos que fueron considerados como buenos.

### MSA PARA LA VARIABE “X”

A continuación se muestra el análisis del sistema de medición de las variables. Para determinar si el sistema de medición es capaz de evaluar el rendimiento del proceso se toman como muestras 10 tubos del proceso. El análisis fue realizado con tres personas

responsables de tomar mediciones para evaluar el producto, considerando una muestra de 10 tubos.

Características de las variables a medir:

Tabla N° 31: características de las variables

VARIABLE A MEDIR	X1	X2
Escala a medir	longitud	longitud
Unidad de medición	mm	mm
Equipo	wincha	wincha

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 31: se puede observar las características de las variables, para la variable X1: habilitado de material (tubo), la escala a medir es la longitud (mm) por medio de una wincha, y para la variable X2: corte de material, la escala a medir es longitud (mm) por medio de una wincha.

A continuación se muestran los valores medidos del análisis del sistema de medición:

Tabla N° 32: Datos de medición de variable “X”

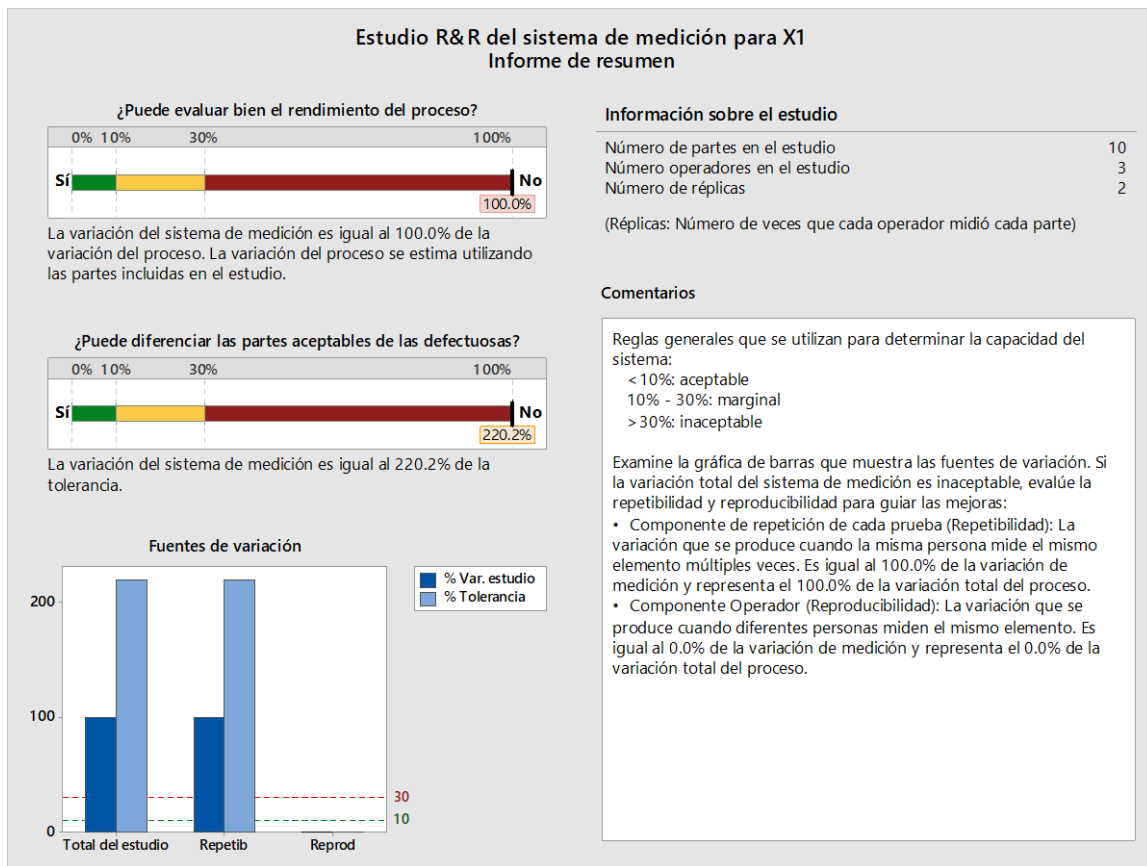
Orden Corrida	Partes	Operadores	X1	X2
1	5	1	6001	6001
2	10	1	6000	6002
3	2	1	6000	6001
4	4	1	6002	6002
5	3	1	6001	6001
6	7	1	6001	6001
7	9	1	6001	6002
8	6	1	6001	6002
9	8	1	6000	6002
10	1	1	6002	6003
11	3	2	6002	6003
12	1	2	6000	6001
13	9	2	6001	6001
14	4	2	6001	6002
15	5	2	6000	6002
16	8	2	6001	6002

17	10	2	6002	6002
18	6	2	6001	6001
19	2	2	6001	6001
20	7	2	6001	6001
21	2	3	6001	6001
22	10	3	6000	6001
23	9	3	6002	6002
24	8	3	6001	6001
25	6	3	6001	6002
26	1	3	6000	6001
27	3	3	6000	6001
28	4	3	6001	6001
29	7	3	6001	6001
30	5	3	6001	6001
31	4	1	6000	6002
32	9	1	6000	6001
33	8	1	6000	6001
34	7	1	6002	6002
35	10	1	6002	6002
36	6	1	6001	6001
37	2	1	6000	6002
38	1	1	6001	6002
39	3	1	6001	6002
40	5	1	6002	6002
41	7	2	6001	6001
42	8	2	6001	6001
43	4	2	6000	6001
44	6	2	6000	6001
45	10	2	6001	6002
46	1	2	6001	6002
47	5	2	6001	6001
48	3	2	6000	6001
49	2	2	6000	6001
50	9	2	6001	6002
51	9	3	6002	6003
52	7	3	6001	6003
53	2	3	6001	6003
54	4	3	6000	6001
55	3	3	6000	6001
56	1	3	6002	6003
57	10	3	6000	6001
58	5	3	6001	6002
59	8	3	6001	6001
60	6	3	6002	6003

Fuente: Elaboración propia

Con el presente cuadro se procede a realizar los cálculos de los análisis del sistema de medición realizada mediante uso de la herramienta del programa estadístico Minitab 17, tal como se presenta a continuación:

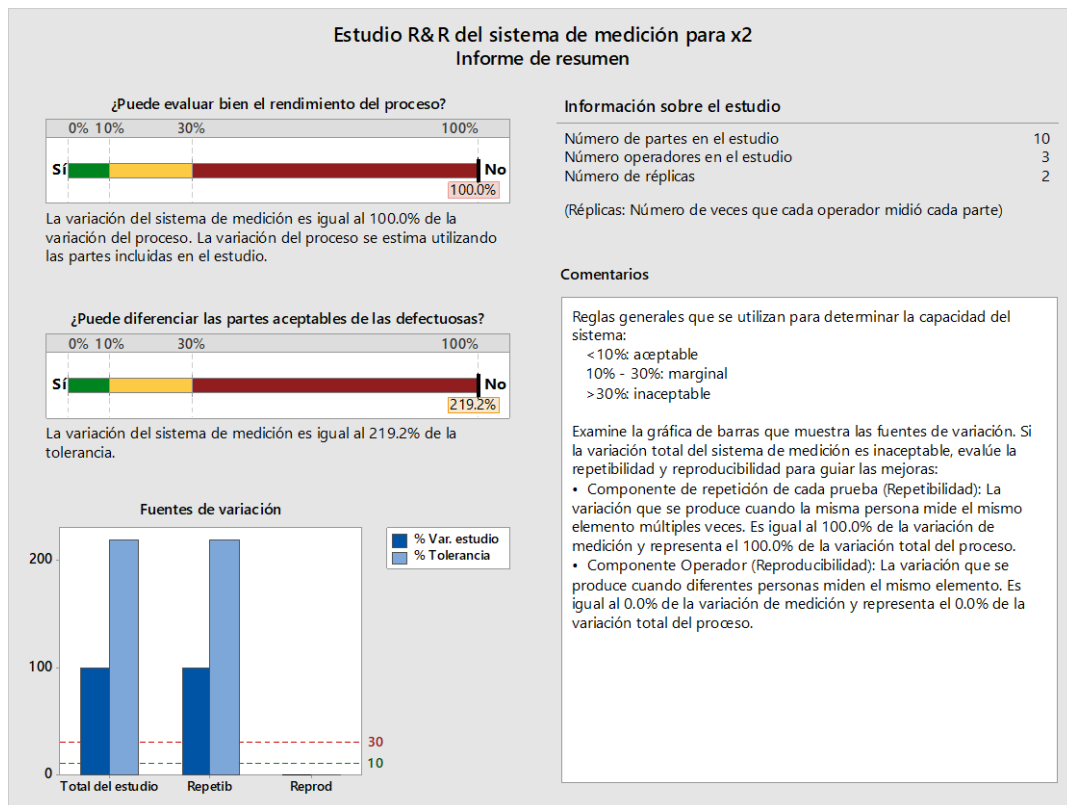
Figura N° 21: Verificación del sistema de medición X1



Fuente: Elaboración propia – Programa Minitab

De la figura N° 21, La variación del sistema de medición es de 100% de la variación del proceso, esto indica que la mayor parte de la desviación es debido al error del sistema de medición, como sabemos la tolerancia del producto es de 1 mm por cada 6000 mm, puesto que no hay una herramienta de tan exactitud como por ejemplo un calibrador de 6000 mm por eso es que hay bastante variación en el sistema de medición.

Figura N° 22: Verificación del sistema de medición X2



Fuente: Elaboración propia – Programa Minitab

De la figura N° 21, La variación del sistema de medición es de 100% de la variación del proceso, esto indica que la mayor parte de la desviación es debido al error del sistema de medición, como sabemos la tolerancia del producto es de 1 mm por cada 6000 mm, puesto que no hay una herramienta de tan exactitud como por ejemplo un calibrador de 6000 mm por eso es que hay bastante variación en el sistema de medición.

Tabla N° 33: Plan de mejora para la mejora del sistema de medición

Acciones	Responsables
Entrenamientos de operadores	Jefe de planta
Calibración de equipos de medición	Ingeniero de calidad
Cambiar equipos defectuosos	Ingeniero de calidad

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 33: observamos un plan de mejora del sistema de medición para así poder reducir la variabilidad de proceso.



### 2.7.3.3.3 MEDICIÓN PARA LA VARIABLE “X”

Para la medición de la variable “X” se procederá a realizar la medición de los niveles de Cp, Cpk, Pp, Ppk para cada tipo de variable “X” con la finalidad de medir el nivel actual del proceso. Utilizando el programa estadístico Minitab. De esta manera se utiliza la herramienta estadística de análisis de capacidad, índices de capacidad y nivel sigma.

Cabe indicar que dentro de la medición se debe realizar la determinación de la distribución normal del proceso.

Tabla N° 34: Valores medidos en el proceso de habilitado

VALORES MEDIDOS DEL PROCESO HABILITADO				
ITEM	OPERADORES	CANTIDAD	X1	X2
1	operador 1	1	6001	6001
2	operador 1	1	6001	6003
3	operador 2	1	5998	5999
4	operador 2	1	6002	6002
5	operador 3	1	5999	6001
6	operador 3	1	6002	6002
7	operador 4	1	6002	6002
8	operador 4	1	6003	6003
9	operador 5	1	6002	6002
10	operador 5	1	6000	6001
11	operador 6	1	6000	6001
12	operador 6	1	6001	6002
13	operador 7	1	6000	6001
14	operador 7	1	6002	6002
15	operador 8	1	6001	6001
16	operador 8	1	6000	6001
17	operador 9	1	5998	6000
18	operador 9	1	6000	6001
19	operador 10	1	6001	6001
20	operador 10	1	6002	6002
21	operador 11	1	6002	6002
22	operador 11	1	6002	6002
23	operador 12	1	6002	6002
24	operador 12	1	6000	6000
25	operador 13	1	5999	6000
26	operador 13	1	6001	6001
27	operador 14	1	6000	6001
28	operador 14	1	5998	6001
29	operador 15	1	6002	6002
30	operador 15	1	6000	6000

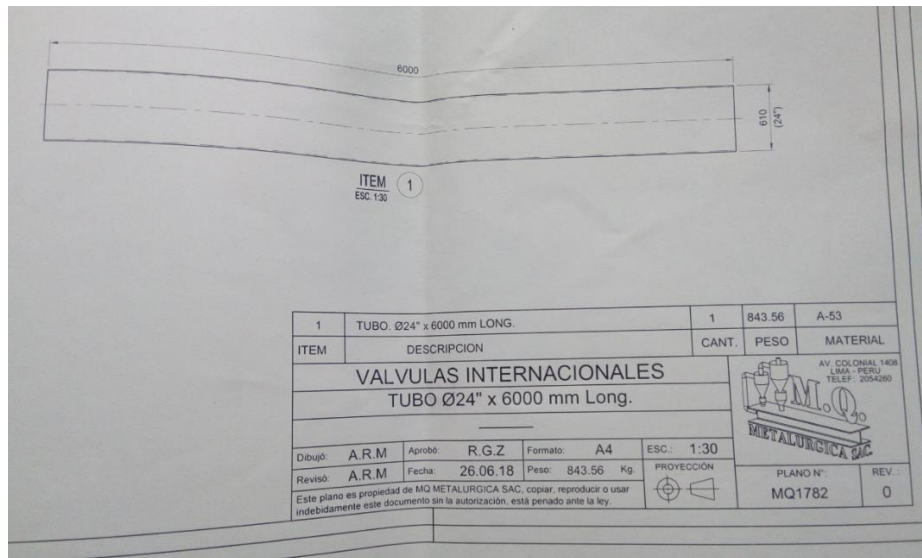
Fuente: Elaboración propia

En la empresa donde se fabrica el producto (tuberías) hay tolerancias que se tiene que respetar y tomando los datos medidos hay una variación, las tolerancias varían a la distancia total del producto.

A continuación se presenta una tabla sobre las tolerancias que se debe hacer en el proceso de habilitado:

Tabla N° 35: Plano y Tolerancias del habilitado del material

tolerancia de habilitado de material	
De 0 a 100 mm	0 mm
De 100 a 1000 mm	0.5 mm
De 1000 a 6000 mm	1 mm

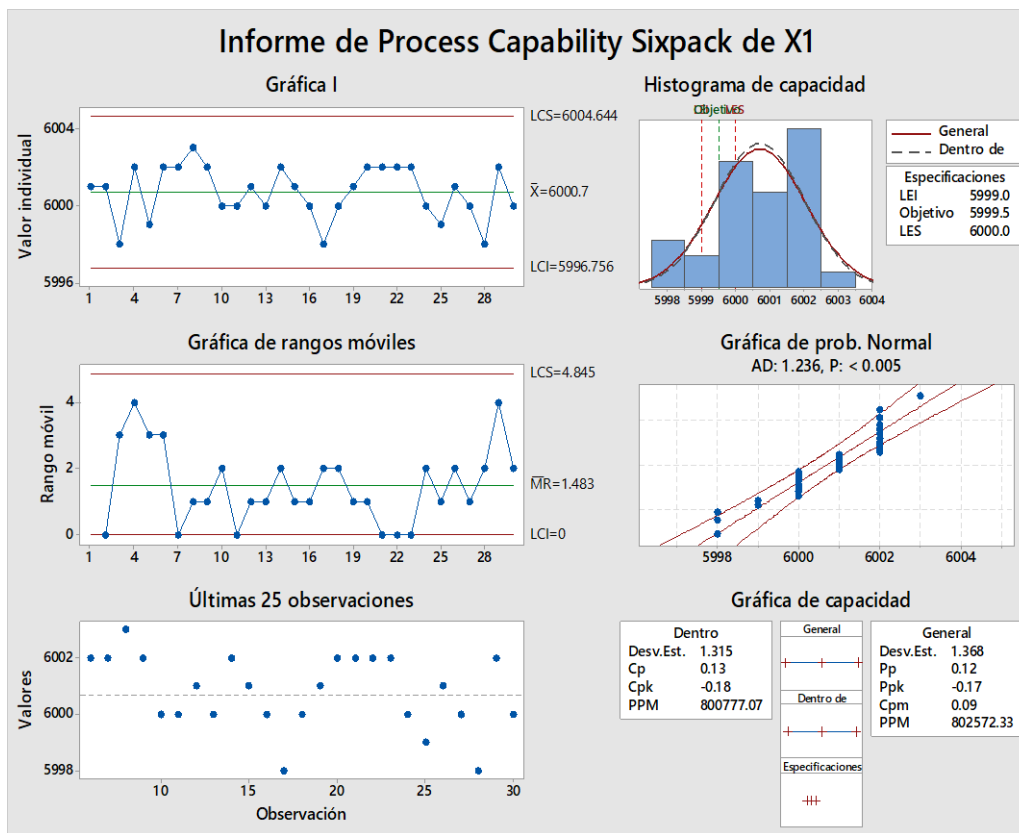


Fuente: Elaboración propia- información de la empresa

Como notamos en la tabla N° 35, la tolerancia de habilitado de 6000 mm, que es el caso, es de 1 mm, notando en el plano de fabricación del habilitado nos da las dimensiones totales y si comparamos con las variables X1 y X2 hay una variación de 4 mm. Estas tolerancias lo puede dar el cliente, el fabricante o por alguna norma.

Medición para la variable X1:

Figura N° 23: Análisis de capacidad para la variable X1



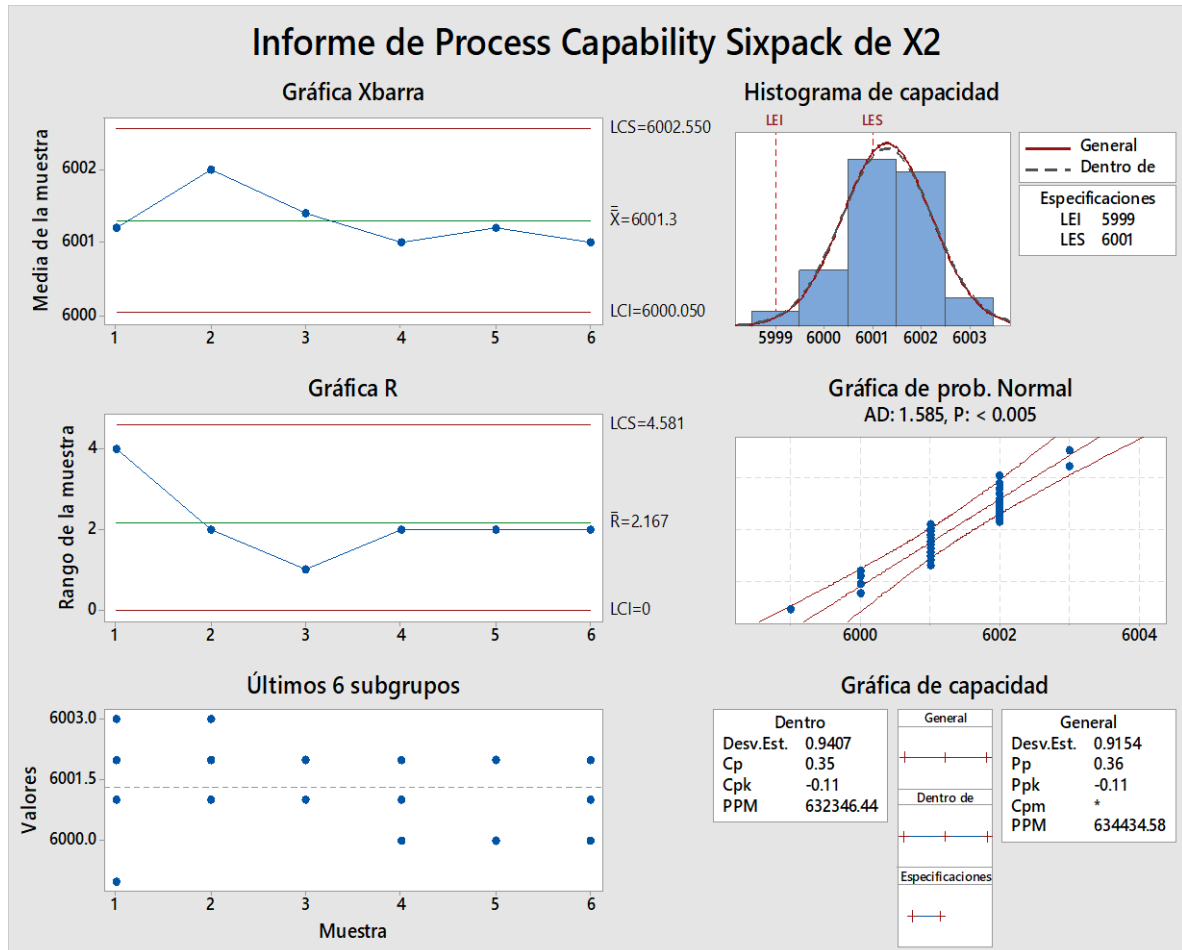
Fuente: Elaboración propia – Programa Minitab

Como se puede notar en la figura N° 23: grafica de normalidad presentada por la variable X1, la tendencia de los puntos no tienden a estar alineados a una recta, lo cual indica que la distribución de valores no tienen la tendencia al comportamiento normal. El valor p resultante es < 0.005, por lo cual se concluye que el comportamiento de distribución no es normal.

En la gráfica se puede observar el índice de capacidad de proceso teniendo así un cp: 0.13 y un cpk: -0.18, el cual se visualiza que todos los datos medidos no se encuentran dentro de los límites de especificación. Los datos que están fuera de los límites de especificación representan elementos no conformes en este caso tuberías fuera de las tolerancias.

Medición para la variable X2:

Figura N° 24: Análisis de capacidad para la variable X2



Fuente: Elaboración propia – Programa Minitab

Como se puede notar en la figura N° 24: gráfica de normalidad presentada por la variable X1, la tendencia de los puntos no tienden a estar alineados a una recta, lo cual indica que la distribución de valores no tienen la tendencia al comportamiento normal. El valor p resultante es < 0.005, por lo cual se concluye que el comportamiento de distribución no es normal.

En la gráfica se puede observar el índice de capacidad de proceso teniendo así un cp: 0.35 y un cpk: -0.11, el cual se visualiza que todos los datos medidos no se encuentran dentro de los límites de especificación. Los datos que están fuera de los límites de especificación representan elementos no conformes en este caso tuberías fuera de las tolerancias

Tabla N° 36: Resumen de resultados de medición de variables “X”

RESULTADOS	variables	
	X1	X2
Pp	0.12	0.36
Ppk	-0.17	-0.11
Cp	0.13	0.35
Cpk	-0.18	-0.11

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 36: podemos notar el resumen de los indicadores de capacidad, en la variable X1: trazado de material (tubos) tiene un Cp: de 0.13 y un Cpk: de -0.18. En la variable X2: corte de material tiene un Cp: de 0.35 y un Cpk: de -0.11. Quiere decir que la dispersión de especificación es menor que la dispersión general del proceso. Por lo tanto el cp, cpk, pp y ppk son bajo. Por lo tanto si los indicadores de capacidad son bajos debemos de considerar formas de mejorar e proceso, como reducir su variación.

Medición para la variable “Y”

Para la medición de la variable “Y “del proceso fueron tubos fabricados.

Tabla N° 37: Medición para la variable “Y”

Item	Tubos producidos	Tubos defectuosos	Habilitado de tubos
1	2	1	1
2	3	2	1
3	2	2	1
4	3	2	2
5	3	2	1
6	3	2	2
7	3	2	1
8	3	2	1
9	3	2	1
10	3	2	2
11	3	2	2
12	3	2	2
13	3	2	1
14	2	1	1
15	2	1	1
16	2	1	1

17	2	1	1
18	2	1	1
19	3	2	1
20	2	1	1
21	3	2	1
22	2	1	1
23	3	2	1
24	3	2	1
25	3	2	1
26	3	2	1
27	3	2	1
28	3	2	1
29	3	2	1
30	3	2	1
	81	52	35

Fuente: Elaboración propia

Una vez determinados la línea base se determina la capacidad actual del proceso en base al nivel sigma, representados por parte de millón.

		Nivel Sigma
DPM	641975	1.1
Habilitado	432098	1.6

Realizado la fase medir de todas las variables, se continua con la siguiente fase que es el de Analizar.

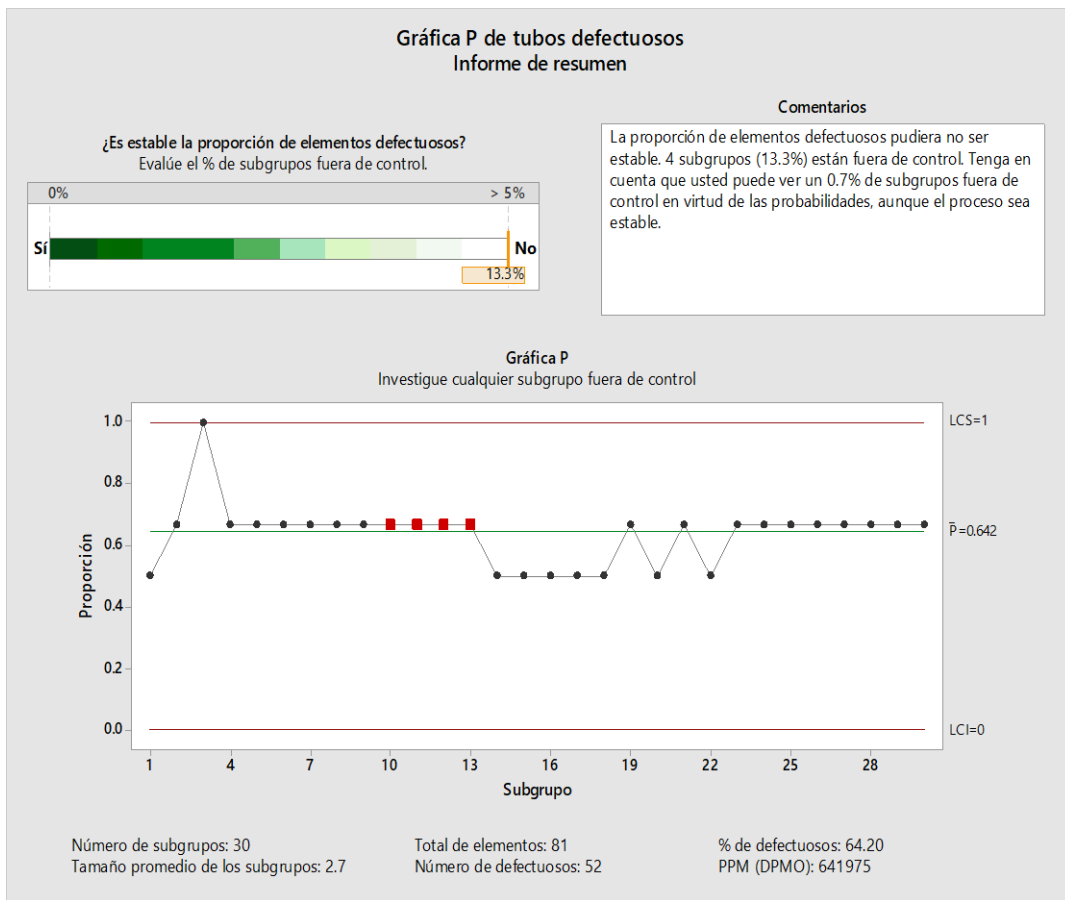
#### **2.7.3.4 ETAPA ANALIZAR**

En esta fase se desarrollara un análisis de datos medidos, con el propósito de encontrar las causas raíces y poder verificar la causa efecto, saber cómo y por qué se genera el problema.

##### **2.7.3.4.1 ANÁLISIS DE LA VARIABLE “Y”**

A continuación se muestra un análisis de control de muestra de variable “Y” para lo cual se hace un diagrama de atributos considerando el número de tubos defectuosos en función a los tubos producidos.

Tabla N° 38: Análisis de la variable Y

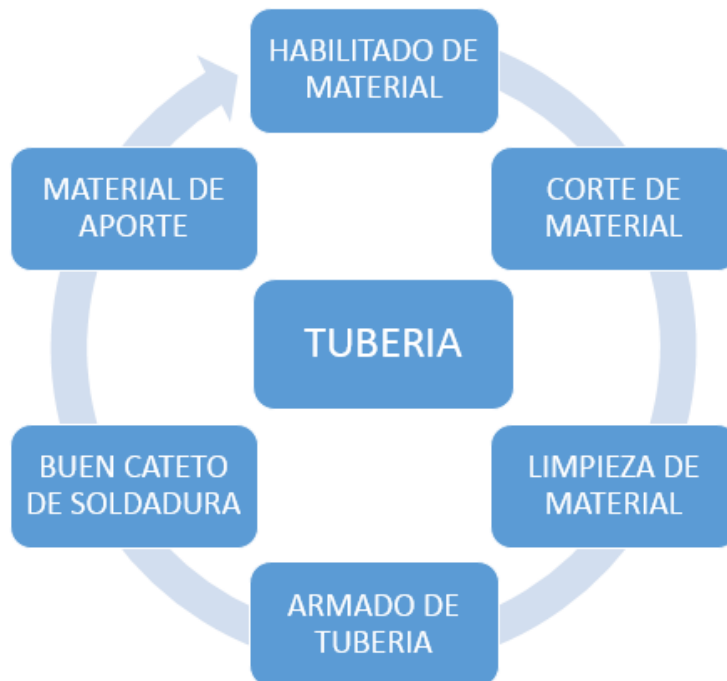


Fuente: Elaboración propia

De la tabla n° 38: tenemos un total de 81 elementos de los cuales 52 son defectuosos, esto nos indica que el porcentaje de defectos es un 64.20% dándonos un DPMO de 641975. Esta grafica se utiliza para medir un defecto que no quiero en mi producto.

Sabiendo el porcentaje de defectos, se procede hacer un diagrama de atributos donde se muestra los atributos que se tiene que considerar para eliminar los defectos para que así nos dé un DPMO menor y así nos dé un nivel sigma mayor.

Figura N° 25: Diagrama de atributos



Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 25: se puede observar los atributos que necesita para poner eliminar los defectos del producto. A continuación se brinda mayor detalle a los atributos.

- **Habilitado de material (tubo):** El tubo tiene que estar con las dimensiones del plano, respetar las tolerancias.
- **Corte de material (tubo):** el tubo tiene que respetar las tolerancias finales, no excederse de las medidas.
- **Limpieza de material:** Una vez cortado el tubo se tiene que hacer una limpieza en la superficie donde se va a soldar.
- **Armado de tuberías:** Una vez limpio se procede armar respetando las tolerancias finales y dejando un buen cateto de soldadura.
- **Buen cateto de soldadura:** Al referirse de cateto es el espacio donde va ir la soldadura, a menor espacio soldadura defectuosa, espacio adecuado buena soldadura, mayor espacio soldadura defectuosa.
- **Material de aporte:** Es el material depositado de soldadura, un buen material de aporte sale una buena soldadura, en cambio un mal aporte de soldadura la soldadura sale defectuosa.



Tabla N° 39: AMEF del proceso habilitado

Etapa del proceso	Modo potencial de falla	Efecto potencial	severidad	clasificación	causas potenciales de falla	Proceso actual				NPR
						controles de prevención	ocurrencia	controles de detección	detección	
HABILITADO DE MATERIAL	trazado incorrecto del tubo	tubo sin control dimensional	5		medida fuera de las tolerancias	entrenamiento	5	Inspeccion dimensional	5	125
	mal verificado del trazado	No cumple con las dimensiones	5		Verificado irregular	Liberacion del producto	6	Inspeccion visual	6	180
	Tubo mal cortado	Mala apariencia en el corte	6		Vision en el corte	Practica pulso	6	Inspeccion de corte	6	216
	Tubo sin limpiar	Suciedad en el tubo	7		Limpieza incorrecta	Verificacion del producto	4	verificacion de limpieza	6	168
	medida fuera de las especificaciones	tubo inconforme	7		mal verificado	Tomar medidas finales	6	inspeccion dimensional y visual	6	252

Fuente: Elaboración propia

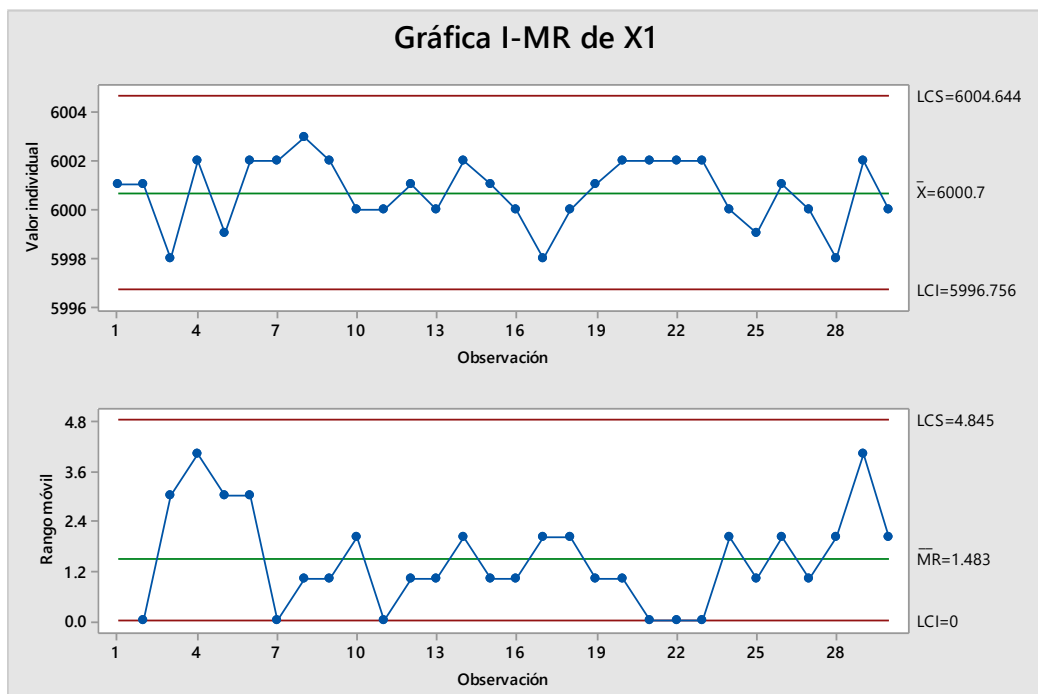
En la tabla N° 39: se muestra el análisis de Modos de Fallas del proceso de habilitado de material lo cual nos permite mostrar el nivel de riesgo (NPR) considerando las fallas potenciales.

#### Análisis de la variable “X”

A continuación se realiza el análisis de capacidad para las variables X, utilizando la herramienta estadística del Minitab 17. Lo cual hace el detallado un análisis grafico al diagnóstico del proceso mediante graficas individuales y rangos móviles.

#### Variable X1

Tabla N° 40: Análisis de la variable X1

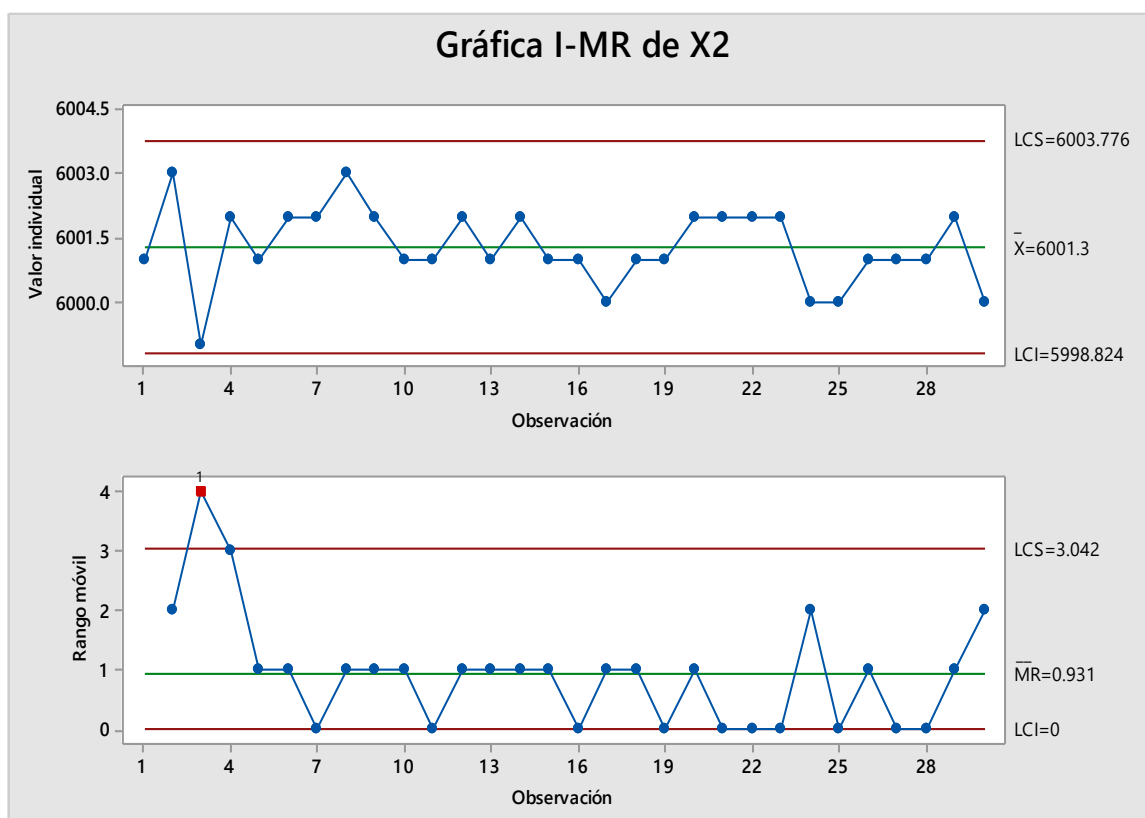


Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 40: nos da información de cómo está el proceso dándonos la gráfica de control individual y de rango móvil, lo cual indica que no tiene valores fuera de los límites de control. El valor individual nos detalla las mediciones individuales de cada uno en cambio en el rango móvil nos muestra la variación de un dato a otro. En conclusión en estas graficas los puntos varían de manera aleatoria de la línea central y se encuentran dentro de los límites de control. No se observan tendencias, el centro del proceso es estable.

#### Variable X2

Tabla N° 41: Análisis de la variable X2



Fuente: Elaboración propia

La tabla N° 41: nos da información de cómo está el proceso dándonos la gráfica de control individual y de rango móvil, lo cual indica que en la gráfica de rango móvil presenta un valor fuera de los límites de control originando un descontrol en el proceso y un potencial efecto para la variable “Y”. El valor individual no detalla las mediciones individuales de cada uno en cambio en el rango móvil nos muestra la variación de un dato a otro. En conclusión utilizamos esta grafica de control para monitorear la estabilidad del proceso en el tiempo, de manera que pueda identificar y corregir las inestabilidades en un proceso.

#### 2.7.3.4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CAUSAS RAICES POTENCIALES

De acuerdo a las causa que impactan en la calidad del producto que son el habilitado y armado de tuberías nos preguntamos porque estas dos causas hacen que generen la baja productividad en el área de soldadura.

Utilizando la herramienta porque/porque permite identificar las causas potenciales las cuales pueden estar generando problemas en el proceso.

Tabla N° 42: Análisis de causas mediante la herramienta porque/porque

Variable Y	HABILITADO DE MATERIAL (TUBO)				
Variable X	FENOMENO	PORQUE	PORQUE	PORQUE	PORQUE
X1: Trazado de tubo	trazado fuera de las medidas	Porque los tubos se trazan de mas de la medidas	Porque no se trazo a la medida	Porque no existe una tolerancia en el trazado de tubo	
			Porque no se verifico la medida	Porque no se corrigio la medida del trazado	Porque no hay un uso adecuado de las herramientas de medicion
X2: corte de tubo	Se corta el tubo mas grande	Porque no se corto a la medida	Porque el personal no tiene pulso	Porque no se regula el equipo de corte	Porque los equipos de corte no tienen especificaciones
		Porque sale mal el corte	porque no se verifico el corte	Por que no existe un control dimensional de corte	
Causas raices identificadas					
1. No existe una tolerancia en el trazado de tubo					
2. No hay un uso adecuado de las herramientas de medición					
3. Los equipos de corte no tienen especificaciones					
4. No existe un control dimensional de corte					

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 42: Permite identificar las causas potenciales las cuales generan problemas en el proceso, las cuales son originadas debido a:

1. No existe una tolerancia en el trazado de tubo
2. No hay un uso adecuado de las herramientas de medición.
3. Los equipos de corte no tienen especificaciones.
4. No existe un control dimensional de corte.

Después de identificar las causas raíces se procede a la siguiente fase de la mejora de la metodología.

### 2.7.3.5 ETAPA MEJORAR

En esta fase se implementaran las acciones correctivas y preventivas necesarias para reducir las variaciones y reducir el número de defectos en el habilitado de material.

### 2.7.3.5.1 SOLUCIÓN DE PROPUESTA

Teniendo ya un análisis de toda la información, ya se ha llegado a conocer mejor el proceso, se conoce el problema y sus causas se tienen ideas de que hacer para mejorar. A aquí se utiliza la herramienta lluvia de ideas.

#### LLUVIA DE IDEAS

- Tener un orden en el proceso
- Capacitar a los trabajadores con los cursos relacionados en el proceso, (en este caso de tuberías)
- Uso adecuado de las herramientas de medición
- Los equipos de corte tienen que tener especificaciones
- Verificar las medidas de trazado
- Verificar las medidas de corte

Una vez teniendo una idea de las soluciones se procede hacer un plan de implementación para tener una mejor idea de lo que se va tratar.

Tabla N° 43: Plan de implementación

PLAN DE IMPLEMENTACION DE LA MEJORA					
ITEM	DESCRIPCION	QUIEN	CUANDO	COMO	CON QUE
1	Tener un orden en el proceso	Produccion	14/04/2018	Procedimiento de trabajo	Herramientas
2	Capacitar a los trabajadores con cursos relacionados al proceso (en este caso tuberías)	Jefe de planta	14/04/2018	Capacitacion de tuberias	Charlas, proyectores
3	Uso adecuado de herramientas de medicion	Produccion	14/05/2018	Capacitacion	Charlas de herramientas de trabajo
4	Los equipos de corte tienen que tener especificaciones	Produccion	16/04/2018	Formato de especificacion	Inspeccion de equipo oxicorte
5	Verificar las medidas de trazado	Produccion	16/04/2018	Formatos	Mediciones
6	Verificar las medidas de corte	Produccion	16/04/2018	Formatos	Mediciones

Fuente: Elaboración propia

Para la implementación en el proceso, se procedió con el desarrollo de cada una de las actividades. A continuación se detalla cada una de ellas:

### 2.7.3.5.2 TENER UN ORDEN EN EL PROCESO

La solución a este problema es de mantener un orden en el área de trabajo y un orden el proceso, en la empresa MQ METALURGICA SAC no cuenta con un amplio espacio de trabajo por ende el personal trata de acomodarse sin darse cuenta que está mal. Para la implementación del orden en el proceso fue necesario hacer un procedimiento de trabajo seguro.

Figura N° 26: Procedimiento de trabajo seguro

**M.Q. METALURGICA SAC**

**PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO**

USO DE EQUIPOS DE TALLER | FECHA: 19/09/18

**OBJETIVO DEL DOCUMENTO**

Hacer conocer los procedimientos de trabajo y los involucrados en la realización del trabajo

Mostrar a los trabajadores la manera correcta de realizar los trabajos a considerar

Establecer los lineamientos y las practicas seguras para controlar los riesgos relacionados con el equipo de taller

**ALCANCE DEL DOCUMENTO**

Aplicar a todos los trabajos de soldadura realizados por los trabajadores de dicha area, que se realicen dentro de las instalaciones de la empresa .

INICIO	FIN
Al inicio se hace una limpieza de area de 10 minutos	Orden y limpieza del area de trabajo

**RESPONSABILIDADES**

**INGENIERO DE PRODUCCION:**

Asegurarse que el personal haga la limpieza de su area

Inspeccionar diariamente los trabajos

Revisar el area

Proporcionar soporte al trabajador

**TRABAJADORES**

Cumplir con el procedimiento

Inspeccionar visualmente el area donde va efectuar el trabajo en caso de detectar cualquier peligro comunicar al supervisor

Usar adecuadamente los EPPS proporcionados

Si se produce condicion insegura o que tiene el potencial de causar un evento no deseado para inmediatamente el trabajo y comunicar al supervisor.

Aprobado:   
Ing. Andrés Salinas Valdivia  
JEFE DE PRODUCCION  
MQ METALURGICA SAC

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento escrito de trabajo seguro se realizó con el fin de uno tener el orden y limpieza en el área, el otro fue para reducir los peligros expuestos. Teniendo un objetivo de hacer conocer los procedimientos de trabajo y los involucrados en la realización del trabajo. Siendo así el alcance de documento de aplicar a todos los trabajos de soldadura realizado por los trabajadores de dicha área, que se realice dentro de las instalaciones de la empresa MQ METALURGICA.



Como se logra este cambio, como se mencionó anteriormente se realizó un procedimiento escrito de trabajo seguro en cual consistía de hacer limpieza del área unos 10 minutos antes de empezar a trabajar e cual se verifico en el área de trabajo.

ANTES

Figura N° 27: Antes del orden y limpieza



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar el área de trabajo no cumple con el orden entonces se procedió hacer el orden y limpieza de área, verificando que cumplan con el procedimiento. Puesto así el trabajador pueda cumplir con lo observado.

Figura N° 28: Durante del orden y limpieza



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 29: Después del orden y limpieza



Fuente: Elaboración propia

#### 2.7.3.5.3 CAPACITAR A LOS TRABAJADORES

El capacitar al personal es muy importante, debido a que algunos operarios desconocen un poco el tema, una vez capacitado y adquirido el conocimiento necesario se amplió el conocimiento y tome conciencia que el trabajo tiene que salir con la medida y corte total.

Primero se hizo la capacitación relacionados al proceso (en este caso tuberías)

Figura N° 30: Capacitación a los trabajadores



Fuente: Elaboración propia



## CAPACITACIÓN DE TUBERIAS

Esta capacitación concierne en las funciones críticas que afectan la elaboración de tuberías para producir un trabajo de calidad dando así las recomendaciones dadas y los deberes que se necesitan para la realización de tuberías, dando así las funciones y las acotaciones:

- La clasificación de los materiales
- Bridas
- Tipos de bridas
- Diámetros de tuberías
- Espesores de tubo
- Normas implicadas a las tuberías.

Figura N° 31: Capacitación de tuberías



Fuente: Elaboración propia

Después de haber tenido la capacitación de tuberías, se realizó otra capacitación referente a los puntos críticos en este caso de las variables x1: trazado de tuberías, x2: corte de tuberías.

## CAPACITACIÓN DE TRAZADO Y CORTE DE TUBERÍA

En este punto de trazado y corte de tubería se toman en cuenta las tolerancias que tiene el plano de fabricación, en el trazado se tiene tolerancias de +1mm, y tomando los datos tomados las tolerancia medidas varían 4 mm siendo así esta capacitación, y darle claridad que el trazado es importante porque de ahí va a depender el corte si tienes un buen trazado por ende tendrás un buen corte.

Después del trazado sigue el corte, en este proceso también se tocó el tema de las tolerancias, en este proceso se centró más bien en el acabado del tubo, con la finalidad que los trabajadores u operario tengan la idea que las medidas están normalizadas bajo rangos específicos.

Figura N° 32: Tolerancias de trazado y corte

tolerancia de habilitado de material	
De 0 a 100 mm	0 mm
De 100 a 1000 mm	0.5 mm
De 1000 a 6000 mm	1 mm

Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 32: podemos notar las tolerancias que hay en el habilitado de material estas dimensiones están dadas por ingeniería, se tomó importancia más en este tema ya que en estos procesos son donde hay más defectos en el producto.

Teniendo claro los conceptos de trazado y corte, habiendo explicado lo importante que es de trabajar bajo tolerancias se procedió hacer el registro de asistencia, tomando en cuenta a los operarios involucrados en la fabricación de tuberías.



Tabla N° 44: Herramientas de medición

Equipos y herramientas de medicion		
wincha	La wincha es un instrumento de medicion la cual sirve para tomar medidas y trazado de material	
cinta metrica	La cinta metrica es un instrumento la cual sirve para tomar medidas, se diferencia de la wincha por que la cinta metrica se usa para longitudes mayores de 10 metros.	
Equipo de corte	El equipo de oxicorte se usa para cortar cual tipo de hierro en este caso tuberías.	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 44: Nos detalla los equipos y las herramientas de medición para tener una idea más clara para la fabricación de tuberías.

#### 2.7.3.5.5 LOS EQUIPOS DE CORTE TIENEN QUE TENER ESPECIFICACIONES

La empresa MQ METALURGICA SAC no cuenta con las especificaciones en el equipo oxicorte, el personal agarra el equipo y a veces por desconocimiento lo utiliza sin saber las especificaciones.

El equipo de oxicorte actual cuenta con deficiencias:

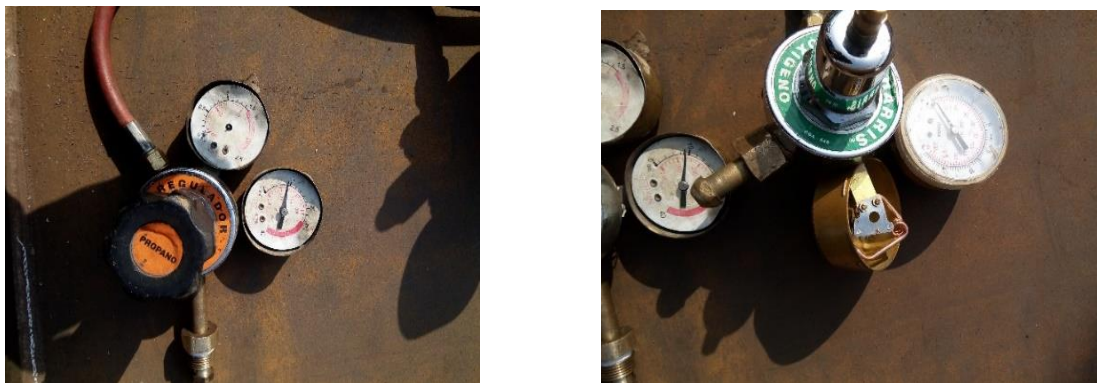
Figura N° 34: Equipo oxicorte actual



Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la figura N° 34: el equipo no cuenta con un carrito de transporte seguro, el equipo oxicorte no debe de estar a la deriva cualquier operario puede cruzarse en el camino y lo puede golpear llegando así hasta un peligro de explosión. Los manómetros están en pésimo estado, y hay por donde pasa el fluido del oxígeno permitiendo cortar el tubo:

Figura N° 35: Manómetros del equipo oxicorte



Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar en la figura N° 35: los manómetros del equipo están en pésimo estado. Lo cual se procedió hacer un formato de inspección de equipo oxicorte para el mejor uso de este equipo.





Figura N° 37: Nuevo Equipo oxicorte

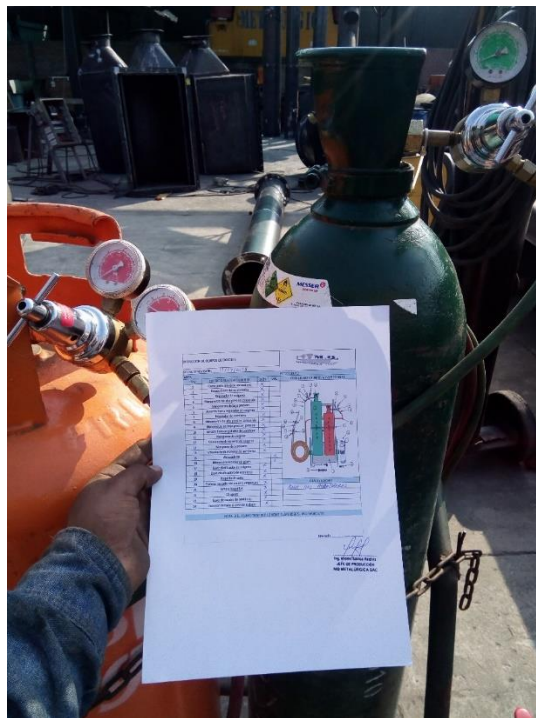


Fuente: Elaboración propia

Como notamos en la figura N° 37: la diferencia del equipo nuevo, tiene un carrito de transporte móvil asegurado con cadenas, nuevos manómetros que no impiden el flujo del oxígeno dándonos así un mejor corte en la tubería.

Entonces teniendo ya el formato podemos hacer del equipo y saber si cumple con los requisitos esenciales para su utilización en el corte de tuberías.

Figura N° 38: Inspección del equipo de oxicorte



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura N° 38: si cumple con la inspección del equipo siendo así que se puede utilizar, caso contrario si no hubiese pasado la inspección avisar al encargado de área para que tome las debidas acciones.

#### 2.7.3.5.6 VERIFICAR LAS MEDIDAS DE TRAZADO

En la empresa no existe un formato el cual controle trazado de tuberías por eso la tubería sale con más medida porque nadie lo controla. Debido a esto se realizó un formato el cual hace referencia a la medida de trazado y el operario el que lo traza, dando así para verificar las medidas de trazo, si está dentro de las tolerancias el tubo pasa al siguiente proceso que es el de corte, si no está dentro de las tolerancias el tubo es inconforme y se vuelve a trazar.

Este formato se creó con el fin de verificar las medidas de trazado, y así el tubo se encuentre dentro de las tolerancias.

Seguido a esto se comienza con la verificación del trazado y tomar las medidas, para cerciorarse si el tubo cumple con las tolerancias dadas anteriormente.

Figura N° 39: Operario trazando el tubo



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la figura N°: 39, el operario se encuentra realizando el proceso de trazado de material en este caso de tuberías, dando las medidas originales para después su verificación.



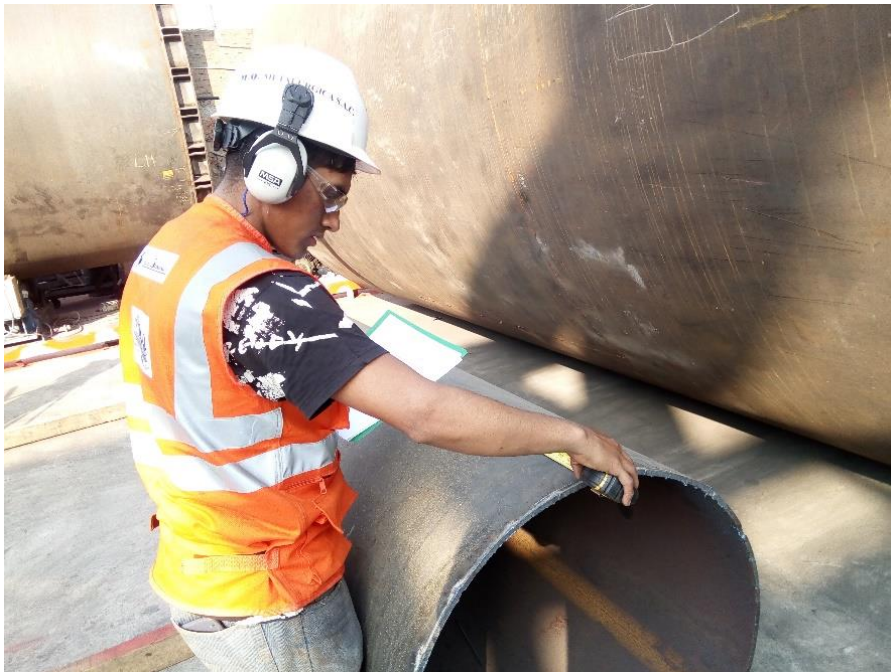
Figura N° 40: Trazado de tubería



Fuente: Elaboración propia

Una vez que el operario termine de trazar sigue el paso de verificación de medida de la tubería con el formato de trazado de tubería:

Figura N° 41: Verificación del trazado de tuberías







Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 41: podemos notar la verificación del trazado de tuberías, viendo hay si el tubo cumple con las tolerancias  $+ 1 \text{ mm}$ , dando como punto final si el tubo es conforme o no conforme, para así pasar al siguiente proceso de corte.

Figura N° 42: Formato de trazado de tuberías

HABILITADO DE MATERIAL				
Proceso: trazado				
Area: Planta				
ITEM	TUBO	OPERADOR	MEDIDA FINAL 6000(-1)	CONFORME O NO CONFORME
1	24"	MUNTOYA	6000	CONFORME
2	24"	MUNTOYA	6000	CONFORME
3	24"	MUNTOYA	5999	CONFORME
4	24"	ULLICEN	6000	CONFORME
5	24"	RUIZ	6000	CONFORME
6	24"	RUIZ	5999	CONFORME
7	24"	SANCHEZ	6001	NO CONFORME
8	24"	SANCHEZ	6000	CONFORME
9	24"	ENCISO	5999	CONFORME
10	24"	ENCISO	6001	NO CONFORME
11				
12				
13				
14				
15				

Revisado: \_\_\_\_\_

  
 Ing. Andrés Salinas Valdivia  
 JEFE DE PRODUCCIÓN  
 MQ METALÚRGICA SAC

Fuente: Elaboración propia

Como notamos en la figura N° 42: es el formato del trazado de tuberías dando así las tuberías conforme y no conforme dando así el siguiente paso que es el proceso de corte.

#### 2.7.3.5.7 VERIFICAR LAS MEDIDAS DE CORTE

Una vez terminado el trazado de tuberías sigue el paso de cortar el tubo para este proceso también se creó un formato de corte para llevar el control y las verificaciones del corte de tubo y así poder tener las medidas dentro de las tolerancias, en este caso las tolerancias es de +/- 1.

Este formato se creó con el fin de verificar las medidas de corte, y así el tubo se encuentre dentro de las tolerancias +1 mm.

Seguido a esto se comienza con la verificación del corte y tomar las medidas, para cerciorarse si el tubo cumple con las tolerancias dadas anteriormente.

Figura N° 43: Operario cortando el tubo



Fuente: Elaboración propia

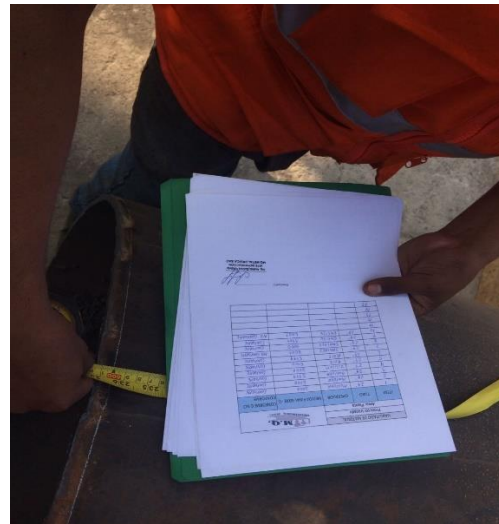
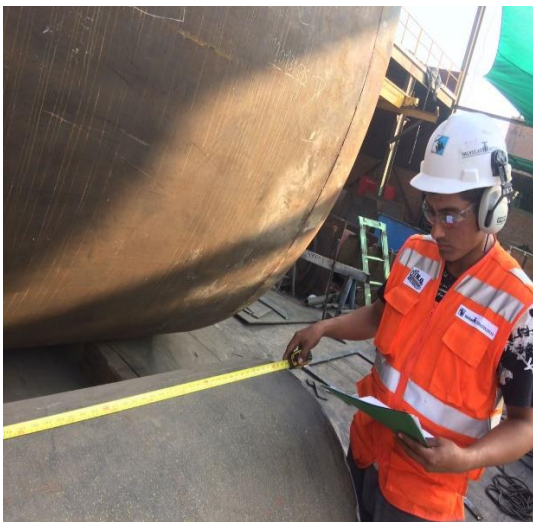




Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 43: se observa al operario cortando el tubo, una vez que el operario termine de cortar sigue el paso de verificación de medida de la tubería con el formato de corte de tubería:


Figura N° 44: Verificación del corte de tuberías




Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 44: podemos notar la verificación del corte de tuberías, viendo si el tubo cumple con las tolerancias  $+ 1 \text{ mm}$ , dando como punto final si el tubo es conforme o no conforme.

Figura N° 45: Formato de corte de tuberías

HABILITADO DE MATERIAL				
Proceso: Corte				
Area: Planta				
ITEM	TUBO	OPERADOR	MEDIDA FINAL +/- 1	CONFORME O NO CONFORME
1	24"	MONTOYA	6001	CONFORME
2	24"	MONTOYA	6000	CONFORME
3	24"	ULLUM	6000	CONFORME
4	24"	ULLUM	6000	CONFORME
5	24"	RUIZ	6001	CONFORME
6	24"	RUIZ	6001	CONFORME
7	24"	SANCHEZ	6002	NO CONFORME
8	24"	SANCHEZ	6001	CONFORME
9	24"	ENCISO	6001	CONFORME
10	24"	ENCISO	6002	NO CONFORME
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Revisado: .....

  
 Ing. Andrés Salinas Valdivia  
 JEFE DE PRODUCCIÓN  
 MQ METALÚRGICA SAC

Fuente: Elaboración propia

Como notamos en la figura N° 45: es el formato del corte de tuberías dando así las tuberías conforme y no conforme, unas veces teniendo ya los resultados de la verificación del corte seguimos con el siguiente paso hacer un análisis de impacto de las soluciones del proceso.

### 2.7.3.5.8 ANÁLISIS DE IMPACTO DE LAS SOLUCIONES EN EL PROCESO

Una vez realizado la implementación de acciones y eliminadas las causas que afectan al proceso, se procedió validar el impacto a las posibles soluciones, para lo cual se realizó un análisis de variables, a continuación se presentan los valores medidos para las variables “X”.

Tabla N° 45: Valores medidos de las variables “X”

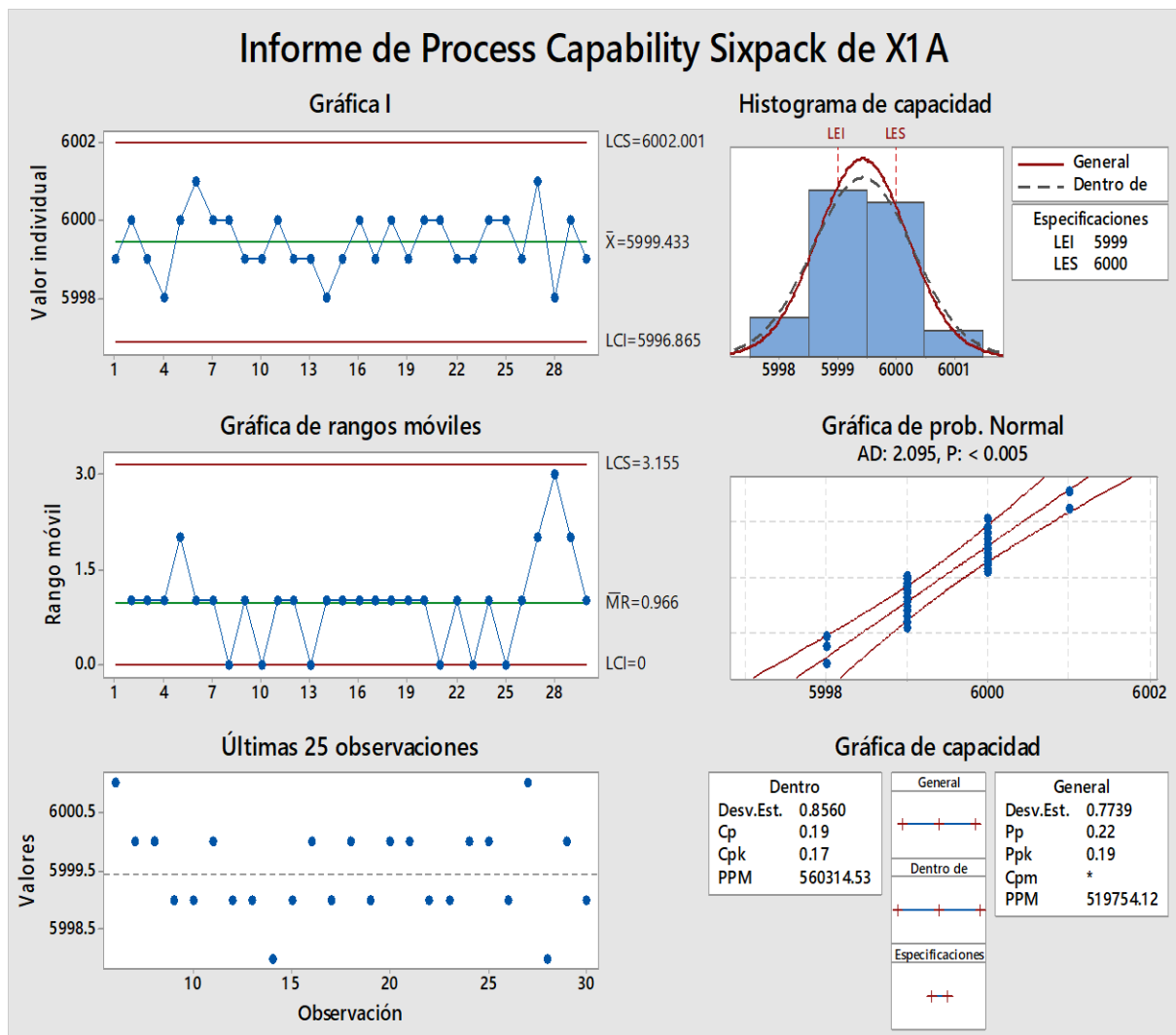
VALORES MEDIDOS DEL PROCESO HABILITADO				
ITEM	OPERADORES	CANTIDAD	X1A	X2A
1	operador 1	1	5999	6000
2	operador 1	1	6000	6000
3	operador 2	1	5999	5999
4	operador 2	1	5998	5999
5	operador 3	1	6000	6001
6	operador 3	1	6001	6001
7	operador 4	1	6000	6000
8	operador 4	1	6000	6000
9	operador 5	1	5999	5999
10	operador 5	1	5999	6000
11	operador 6	1	6000	6001
12	operador 6	1	5999	5999
13	operador 7	1	5999	6000
14	operador 7	1	5998	5999
15	operador 8	1	5999	6000
16	operador 8	1	6000	6000
17	operador 9	1	5999	6000
18	operador 9	1	6000	6001
19	operador 10	1	5999	5999
20	operador 10	1	6000	6001
21	operador 11	1	6000	6000
22	operador 11	1	5999	6000
23	operador 12	1	5999	5999
24	operador 12	1	6000	6002
25	operador 13	1	6000	6001
26	operador 13	1	5999	6000
27	operador 14	1	6001	6001
28	operador 14	1	5998	5998
29	operador 15	1	6000	6000
30	operador 15	1	5999	6001

Fuente: Elaboración propia

Con la ayuda del programa estadístico Minitab, podemos analizar las capacidad de los proceso mostrando los resultados del Cp y Cpk.

## Análisis de impacto para X1

Figura N° 46: Análisis de impacto X1

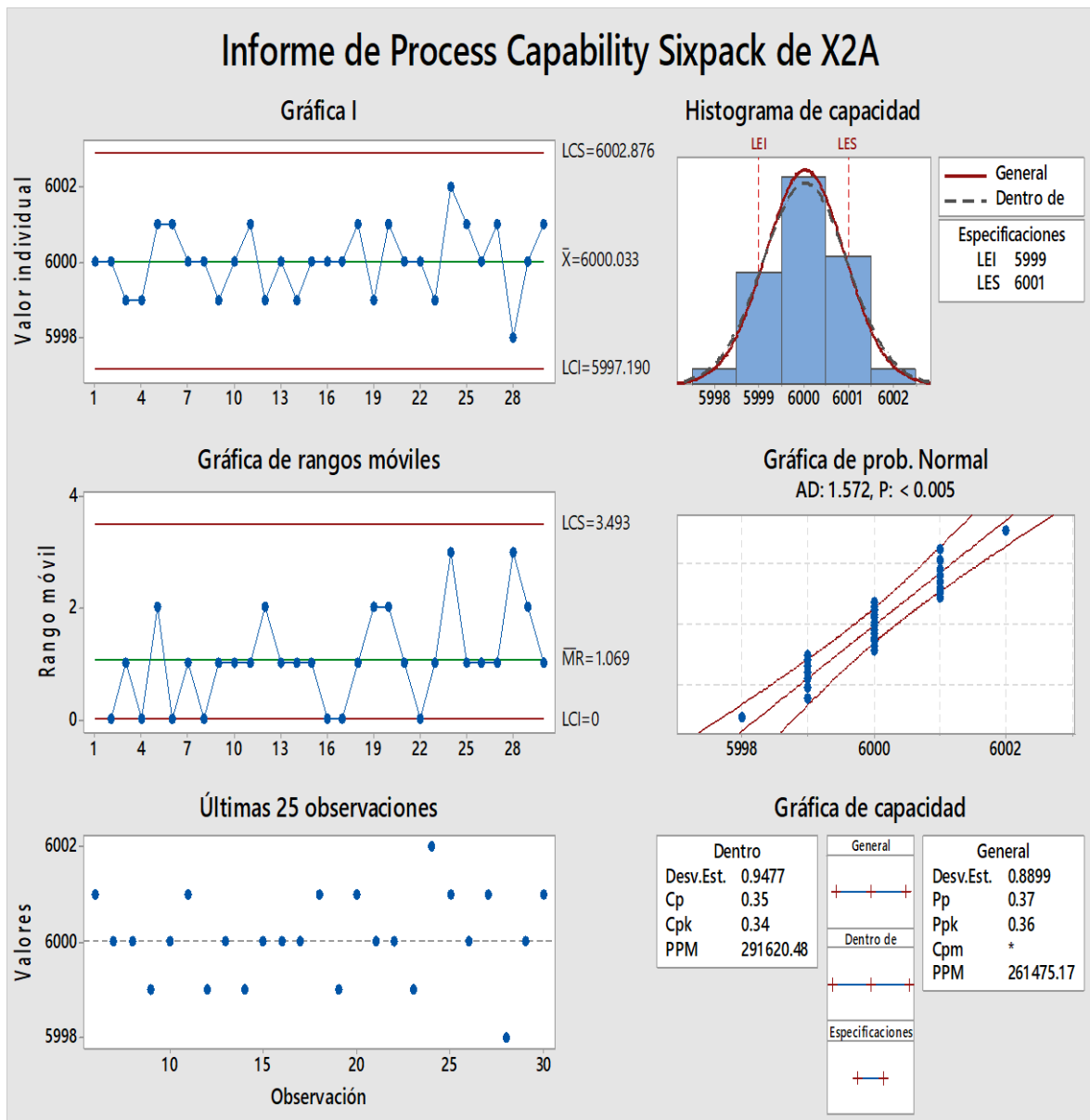


Fuente: Elaboración propia-Programa Minitab

De la figura N° 46: podemos notar que en la prueba de normalidad se alinean mejor al límite de control y aumentando así el cp: 0.19 y Cpk: 0.17 en la capacidad de proceso. Concluyendo así que los índices de capacidad aumentaron Cp inicial: 0.13, Cp final: 0.19, Cpk inicial: -0.18, Cpk final: 0.17 aumentando así el desempeño del proceso. Por consiguiente aumento la distancia de la media del proceso al límite de especificación, reduciendo así la variabilidad del producto.

## Análisis de impacto para X2

Figura N° 47: Análisis de impacto X2



Fuente: Elaboración propia- Programa Minitab

De la figura N° 47: podemos notar que en la prueba de normalidad se alinean mejor al límite de control y aumentando así el cp: 0.35 y Cpk: 0.34 en la capacidad de proceso. Concluyendo así que los índices de capacidad aumentaron Cp inicial: 0.35, Cp final: 0.35, Cpk inicial: -0.11, Cpk final: 0.34, aumentando así el desempeño del proceso. Por consiguiente aumento la distancia de la media del proceso al límite de especificación, reduciendo así la variabilidad del producto.



Como conclusión se muestran los resultados de los principales parámetros dando así un incremento de capacidad de proceso en el Cp y Cpk.

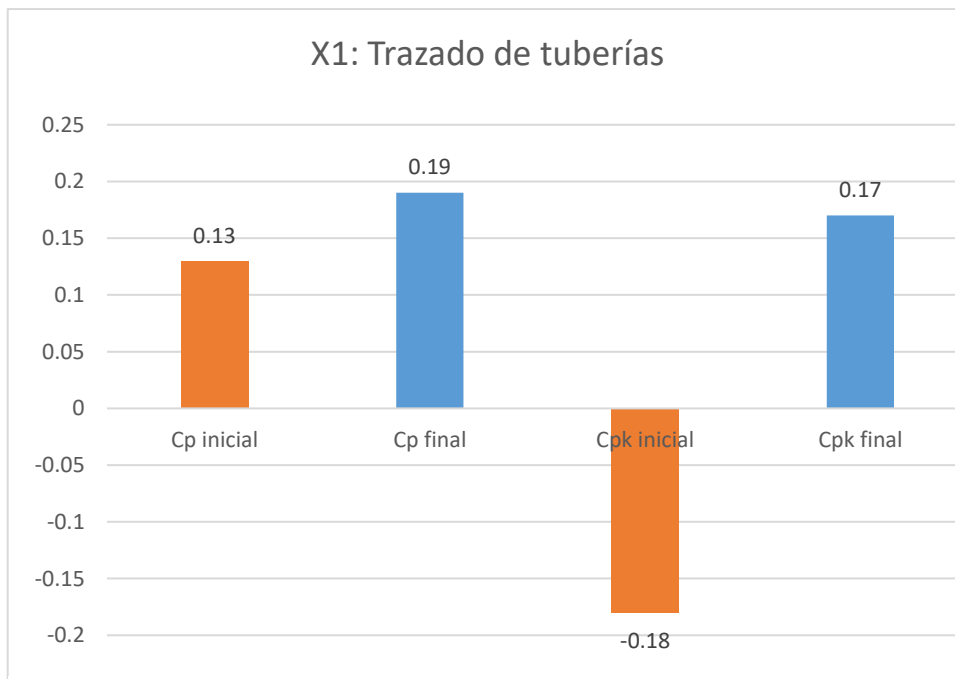
Tabla N° 46: Resultados de las variables “X”

Resultados	X1	X2
Cp inicial	0.13	0.35
Cp final	0.19	0.35
Cpk inicial	-0.18	-0.11
Cpk final	0.17	0.34

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 46: se puede observar los resultados iniciales con los resultados finales dando por conclusión un aumento de capacidad de proceso, gracias a los indicadores de proceso cp, cpk, dándonos como resultado de incremento de un cp: 0.19 y un cpk: 0.17. Quiere decir que la dispersión de especificación aumento más que la dispersión general del proceso. Reduciendo así la variación del proceso.

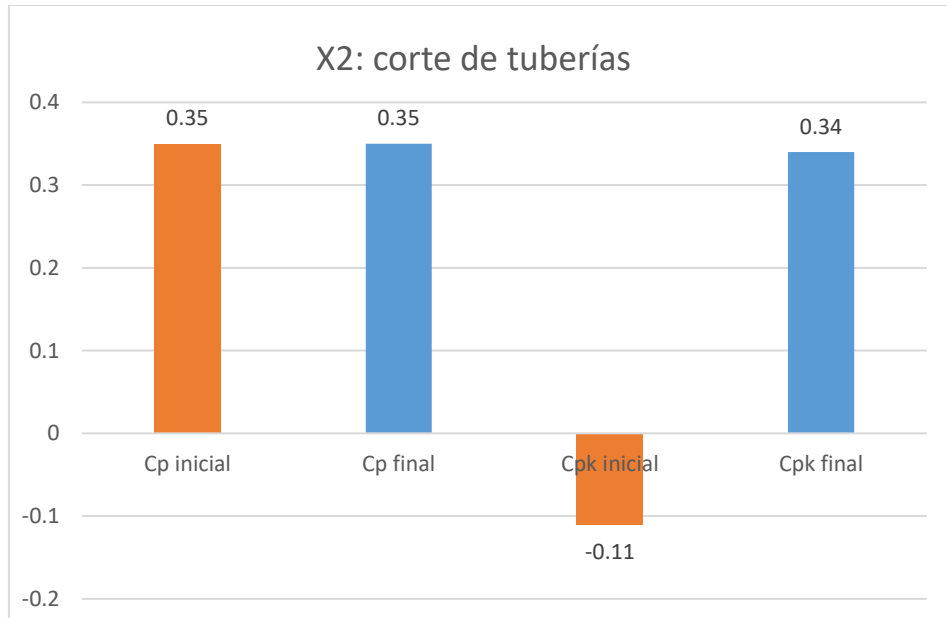
Figura N° 48: Comparación de niveles variable X1



Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar en la figura N° 48: notamos un incremento de Cp y Cpk dando así un incremento de capacidad en el proceso.

Figura N° 49: Comparación de niveles variable X2



Fuente: Elaboración propia

Como se puede notar en la figura N° 49: notamos un incremento de Cp y Cpk dando así un incremento de capacidad en el proceso.

A continuación para la medición actual de la variable “Y” del proceso, fueron tomados nuevamente en el rango de 30 operarios.

Tabla N° 47: Medición para la variable “Y”

Item	TUBOS PRODUCIDOS	TUBOS DEFECTUOSOS	Habilitado de tubos
1	4	2	0
2	3	1	0
3	2	0	0
4	3	1	1
5	3	0	0
6	2	1	1
7	3	2	0
8	4	2	0
9	3	1	1
10	3	1	0

11	2	1	0
12	3	0	0
13	3	1	1
14	2	0	0
15	2	0	0
16	3	1	1
17	3	1	1
18	3	1	1
19	3	0	0
20	2	0	0
21	3	0	0
22	4	0	0
23	3	0	0
24	2	1	0
25	3	1	1
26	3	0	0
27	3	0	0
28	3	0	0
29	3	0	0
30	3	0	0
	86	18	8

		Nivel Sigma
DPM	209302.3256	2.3
Habilitado	93023.25581	2.8

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la información se determina el nivel sigma para el proceso, a continuación se le presenta un resumen del nivel sigma antes y después.

Tabla N° 48: Resultado del nivel Sigma de la variable “Y”

	DPM		Nivel Sigma	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Tubos defectuoso	641975.309	209302.3256	1.1	2.3
habilitado de tubo	432098.765	93023.25581	1.6	2.8

Fuente: Elaboración propia

De esta manera podemos concluir que se redujo en 64% el DPM en tubos defectuosos y en un 75% DPM el habilitado de tubo lo que conlleva a un beneficio a la reducción de tubos defectuosos y habilitado de tubos.

### DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS

Una vez que se realizó la mejora, e identificando las capacidades de proceso se realiza el diagrama de análisis de proceso para saber en cuanto se redujo el tiempo de fabricación del tubo.

Tabla N° 49: Diagrama de análisis de proceso después

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS											
Diagrama N° 1 Hoja N° 1				RESUMEN DE ACTIVIDAD		CANT.					
Objeto:				OPERACIÓN: ●		8					
Actividad: Soldeo de tubo				TRANSPORTE: ➡		3					
Metodo: Actual				ESPERA: ⏸		3					
Area: Soldadura				INSPECCION: ■							
Operario: Pedro Vilcacure				ALMACENAMIENTO: ▼							
Elaborado por: Jorge Vladimir Pereda Quispe				OP/ INSP: ■							
Fecha: 18/04/2018				DISTANCIA: (MTS)		22 mt					
Actividad: Soldeo de tubería				TIEMPOS (T)		465 min.					
N°	DESCRIPCION	(D) MT	(T) MIN	TIPO DE ACTIVIDAD							
				OPERACION	TRANSPORTE	ESPERA	INSPECCION	ALMACENAMIENTO	OPERACION E INSPECCION	OBSERVACION	
1	Recibe el tubo	2	10			●					
2	Montaje de tubo en polines		15	●							
3	Operario realiza lectura de plano (Simbologia)		10	●							
4	Alistar herramientas y materiales de trabajo	10	15		●						
5	Busca sus herramientas		10			●					
6	Conecta sus herramientas a la maquina		10			●					
7	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●						
8	soldeo de tubería (1° brida)		150	●							
9	Escobillar la tubería (1° brida)		10	●							
10	Llevar la maquina donde se va a soldar	5	10		●						
11	soldeo de tubería (2° brida)		150	●							
12	Escobillar la tubería (2° brida)		10	●							
13	Verificacion del soldeo		30	●							
14	Repara soldadura		10	●							
15	Desmontaje de tubería		15	●							
TIEMPO TOTAL		22	465								

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 49: se muestra el diagrama de análisis de las actividades que realiza el operario para la elaboración de tubos de 24” de diámetro, así mismo se puede observar que el tiempo es de 465 minutos. Concluyendo así que se redujo el tiempo de fabricación en 30 minutos, ya que en el anterior diagrama de análisis de proceso fue de 495 minutos.

### 2.7.3.5.9 PRODUCCIÓN DE TUBERIAS

Una vez reconocido la capacidad de proceso en cuanto incremento se hace la comparación de fabricación de tuberías:

Tabla N° 50: Comparación de tuberías antes y después

Fabricación de tubos	ANTES	DESPUES
1 TUBO	08:15	07:40

Producción antes	1.05 tubería/día
Producción por mes	25 tubos

Producción después	1.11
producción por mes	27

Producción antes	25 tubos
Producción después	27 tubos

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 50: podemos notar el incremento de tubos fabricados en un mes, la producción antes fue de 25 tubos y la producción después fue 27 tubos, dando así un incremento de 2 tubos más al mes.

### 2.7.3.6 ETAPA CONTROLAR

En esta fase se presentaran un programa de controles para asegurar que se mantengan las mejoras, usando herramientas ya sea de control visual como estandarización de procesos y así mantener las mejoras logradas.

Se puede decir que un proceso es estable cuando la evolución de las variables definidas como claves se mantenga constante en el tiempo. Decimos que un proceso es capaz cuando se puede mantener dentro del rango de las tolerancias en un intervalo de variabilidad admisible.

#### 2.7.3.6.1 PLAN DE CONTROL DE PROCESO

Se elaboró un plan de control de proceso, para llevar un control de las características identificadas en el proceso. Se elaboró un control para las variables “X”.

#### 2.7.3.6.2 CONTROL DE LAS VARIABLES “X”

El control para la variable X1: trazado del tubo, es que el trazado del tubo no debe de exceder el límite superior en este caso no debe ser mayor a 6000 mm pero si menor a 5999 mm no va interrumpir en el habilitado si es menor a 1 mm, no obstante el operario debe de verificar la medida utilizando la herramienta wincha midiendo más de una vez para así no tenga problemas en el corte de tubo.

El control para la variable X2: corte del tubo, el tubo debe ser cortado en base a las tolerancias, el límite superior de esta variable es de 6001 mm no debe de pasar esa medida, por eso en la anterior variable se mencionó que el trazado de tubo puede ser menor a 1 mm, de todas manera al terminar el corte verificar las medidas, aquí implica bastante el criterio del operario, en este proceso es donde el tubo sale ya habilitado y directo a otro proceso.

Tabla N° 51: Plan de control de proceso

NOMBRE DEL PROCESO	DESCRIPCION DE OPERACION	OPERARIO	CARACTERISTICAS			METODO					PLANES	
			N°	PRODUCTO	PROCESO	ESPECIFICACIONES/ TOLERANCIAS DEL PROCESO	TECNICAS DE MEDICION DE LA	TAMAÑO	MUESTRA FRECUENCIA	METODO DE CONTROL	REACCION	ACCION CORRECTIVA
HABILITADO DE MATERIAL (TUBOS)	Medir el tubo	operario "X"	1	tubo	medir	medir a 6000: -1mm	Cinta metrica	1 tubo	al inicio de medir	verificar medida	Verificacion de la longitud del tubo	Informar al encargado de area
	trazar el tubo		2	tubo	trazar	trazar a 6000: - 1mm	Cinta metrica	1tubo	Al termino de trazar	verificar trazado	Trazar la longitud del tubo	Informar al encargado de area
	medir el tubo		3	tubo	medir	medir a 6000: +/- 1mm	Cinta metrica	1tubo	Cada tubo trazado	verificar medida	Verificar la longitud del trazado	Informar al encargado de area
	cortar el tubo		4	tubo	cortar	cortar a 6000: +/- 1mm	inspeccion visual	1tubo	Cada tubo cortado	verificar el corte	Verificar la longitud del corte	Informar al encargado de area

Fuente: Elaboración propia

### 2.7.3.6.3 CONTROL DE VARIABLES “Y”

El control de la variable Y está centrada en la inspección del habilitado de material (tubo) en el proceso final. El tubo tiene que estar dentro de los rango entre el límite inferior y límite superior de esta forma procede el tubo der llevado a otro proceso. El control de calidad rechazara los productos inconforme siendo estricto en las medidas de las tolerancias.

### 2.7.4 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

En el análisis post test se detalla la elaboración de los indicadores para las variables dependientes e independientes efectuadas en la matriz de operacionalización con los datos medidos después de la implementación de la metodología Six Sigma.

#### VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA

Para el cálculo del DPO (Defecto por oportunidad) en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC se tomó de datos tubos realizados, tubos defectuosos y las oportunidades, después de haber implementado la mejora en el área de soldadura.

#### Dimensión Defecto por oportunidad

1° Indicador: DPO

Lo que busca este indicador es calcular el número de defectos en una muestra dividido entre el número total de oportunidades de defectos.

Para el cálculo de este indicador, el tiempo hallado luego de la implementación de la metodología Six Sigma en el área de soldadura es de 30 días para observar la variación.

A continuación se muestra los siguientes datos.

Tabla N° 52: Resultado para el indicador DPO

ITEM	TUBOS PRODUCIDOS	TUBOS DEFECTUOSOS
1	4	2
2	3	1
3	2	0
4	3	1
5	3	0



6	2	1
7	3	2
8	4	2
9	3	1
10	3	1
11	2	1
12	3	0
13	3	1
14	2	0
15	2	0
16	3	1
17	3	1
18	3	1
19	3	0
20	2	0
21	3	0
22	4	0
23	3	0
24	2	1
25	3	1
26	3	0
27	3	0
28	3	0
29	3	0
30	3	0
<b>TOTAL</b>	<b>86</b>	<b>18</b>

DPO	0.20930232
-----	------------

Fuente: Elaboración propia

Como podemos notar en la tabla N° 52: el DPO del área de soldadura es de 0.20930232 dándonos así el resultado actual, viendo claramente que se redujo el número de defecto.

2° Indicador DPMO:

Lo que busca este indicador es el número de defectos en una muestra dividido entre el número de defectos multiplicado por 1 millón. Dela misma tabla se obtiene el DPMO: Solo el resultado del DPO lo multiplicamos por 1 millón y obtenemos el resultado y a la vez el valor del nivel Sigma.

		Nivel Sigma
DPO	0.20930232	2.3
DPMO	209302.32	2.3

## Resumen de la variable independiente Six Sigma

Una vez calculado los valores en cada indicador se hace el resumen de indicadores cada uno con su respectiva fórmula y resultado.

Tabla N° 53: Resultado para el indicador DPO y DPMO


INDICADOR	FORMULA	RESULTADO
DPO	$DPO = D/U * O$	0.20930232
DPMO	$DPMO = DPO * 1000000$	2009302.32

Fuente: Elaboración propia

## Variable dependiente Productividad

Para hacer el cálculo de la situación mejorada de la variable Productividad en el área de soldadura en la empresa MQ METALURGICA SAC se tomaron datos el cual se registra en el formato de cálculo de la producción en la fabricación de tubos de 24” de diámetro.

Tabla N° 54: formato de producción nueva

FORMATO PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN						
Area: Soldadura						
Operario: Pedro Vilcure						
Realizado por: Jorge Pereda						
FECHA	PRODUCCION PLANIFICADA		PRODUCCION REAL		PRODUCCION REAL	
	PIEZAS ESTIMADA	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	PIEZAS ESTIMADA	HORAS ESTIMADAS	PIEZAS PRODUCIDAS
1	1	7	07:45	1	7	0.903
2	1	7	07:45	1	7	0.903
3	1	7	07:40	1	7	0.913
4	1	7	07:50	1	7	0.893
5	1	7	07:42	1	7	0.909
6	1	7	07:30	1	7	0.933
7	1	7	07:30	1	7	0.933
8	1	7	07:51	1	7	0.891
9	1	7	07:46	1	7	0.901
10	1	7	07:45	1	7	0.903
11	1	7	07:35	1	7	0.923
12	1	7	07:35	1	7	0.923
13	1	7	07:40	1	7	0.913
14	1	7	07:35	1	7	0.923
15	1	7	07:45	1	7	0.903
			07:40			0.911133333

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 54: se estima que una pieza se debe de hacer en 7 horas sin embargo las horas reales para una pieza es de 07:45 minutos, es decir disminuyo el tiempo de elaboración que era antes.

Tabla N° 55: Resumen de producción

PRODUCCION PLANIFICADA			PRODUCCION REAL		
Promedio	1	tubo	Promedio	0.91	Tubo
promedio	7	Horas	Promedio	07:40	Horas

Fuente: Elaboración propia

Con respecto al tiempo de fabricación del tubo se disminuyó el tiempo de fabricación antes era de 08:10 y ahora después de la mejora es de 07:40.

### Dimensión Eficacia

Este indicador permitirá conocer la eficacia que hay entre la producción real entre la producción esperada.

Se procede a realizar el cálculo de la eficacia durante 15 días después de la implementación de la metodología Six sigma.

Tabla N° 56: Fórmula para calcular la eficacia

INDICADOR	FÓRMULA
EFICACIA	EF: Eficacia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada  $EF = \frac{Pr}{Pe}$

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 57: Eficacia promedio del área de soldadura

Días de producción	Producción real	Producción estimada	EFICACIA
1	0.903	1	0.90
2	0.903	1	0.90
3	0.913	1	0.91
4	0.893	1	0.89

5	0.909	1	0.91
6	0.933	1	0.93
7	0.933	1	0.93
8	0.891	1	0.89
9	0.901	1	0.90
10	0.903	1	0.90
11	0.923	1	0.92
12	0.923	1	0.92
13	0.913	1	0.91
14	0.923	1	0.92
15	0.903	1	0.90
			0.91

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N° 57, se muestra el resultado de calcular la eficacia en un periodo de 15 días después de la implementación de la metodología Six Sigma el cual se obtiene una eficacia promedio de 0.91, lo que significa que el área de soldadura elabora el 91% de la producción estimada.

#### Dimensión eficiencia

Este indicador permitirá conocer la eficiencia que hay entre el número de horas alcanzadas entre el número de horas programadas. Se procede a realizar el cálculo de este indicador durante un periodo de 15 días después de la implementación de la metodología Six Sigma.

Tabla N° 58: Fórmula para calcular la eficiencia

INDICADOR	FÓRMULA
EFICIENCIA	<p>E = Eficiencia  N.H.A: Número de horas alcanzadas  N.H.P: Número de horas programadas</p> $E = \frac{NHP}{NHA}$

Fuente: Elaboración propia  
para calcular la eficiencia se realizó otro formato para calcular la producción, en el cual se calcula todo el día, en base a las horas.

Tabla N° 59: Formato para calcular la producción en base al día


FORMATO PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN				
Area: Soldadura				
Operario: Pedro Vilcacure				
Realizado por: Jorge Pereda				
FECHA	PRODUCCION PLANIFICADA		PRODUCCION REAL	
	PIEZAS ESTIMADAS	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	PIEZAS ESTIMADA
16/10/2017	1.21	08:30	09:23	1.21
17/10/2017	1.21	08:30	09:23	1.21
18/10/2017	1.21	08:30	09:17	1.21
19/10/2017	1.21	08:30	09:29	1.21
20/10/2017	1.21	08:30	09:19	1.21
21/10/2017	1.21	08:30	09:05	1.21
22/10/2017	1.21	08:30	09:05	1.21
23/10/2017	1.21	08:30	09:30	1.21
24/10/2017	1.21	08:30	09:24	1.21
25/10/2017	1.21	08:30	09:23	1.21
26/10/2017	1.21	08:30	09:10	1.21
27/10/2017	1.21	08:30	09:10	1.21
28/10/2017	1.21	08:30	09:17	1.21
29/10/2017	1.21	08:30	09:10	1.21
30/10/2017	1.21	08:30	09:23	1.21

Tabla N° 60: Eficiencia promedio del área de soldadura

Días de producción	HORAS ALCANZADAS	HORAS PROGRAMADAS	EFICIENCIA
1	09:23	08:30	0.91
2	09:23	08:30	0.91
3	09:17	08:30	0.92
4	09:29	08:30	0.90
5	09:19	08:30	0.91
6	09:05	08:30	0.94
7	09:05	08:30	0.94
8	09:30	08:30	0.89
9	09:24	08:30	0.90
10	09:23	08:30	0.90
11	09:10	08:30	0.93
12	09:10	08:30	0.93
13	09:17	08:30	0.92
14	09:10	08:30	0.93
15	09:23	08:30	0.91

Fuente: Elaboración propia

0.91

De la tabla N° 60, se muestra el resultado de calcular la eficiencia durante los 15 días, el cual se obtiene una eficiencia promedio 0.91, lo que significa que el área de soldadura y el operario utilizan el 0.91% del tiempo estimado.

### Cálculo de la productividad

Para realizar el cálculo de la productividad del área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. Se utilizaron las siguientes formulas después de aplicar la metodología Six Sigma.

$$\text{Productividad} = \text{Eficacia} \times \text{Eficiencia}$$

Para ello, se necesita los datos sobre la eficacia y la eficiencia del área de soldadura para calcular la productividad:

Tabla N° 61: Productividad total del área de soldadura

PRODUCTIVIDAD			
Area: Soldadura			
Realizado por: Jorge Pereda			
Dias de produccion	EFICACIA	EFICIENCIA	PRODUCTIVIDAD
1	0.90	0.91	0.81
2	0.90	0.91	0.81
3	0.91	0.92	0.83
4	0.89	0.90	0.80
5	0.91	0.91	0.83
6	0.93	0.94	0.87
7	0.93	0.94	0.87
8	0.89	0.89	0.80
9	0.90	0.90	0.81
10	0.90	0.90	0.81
11	0.92	0.93	0.85
12	0.92	0.93	0.85
13	0.91	0.92	0.83
14	0.92	0.93	0.85
15	0.90	0.91	0.81
			0.83

Fuente: Elaboración propia

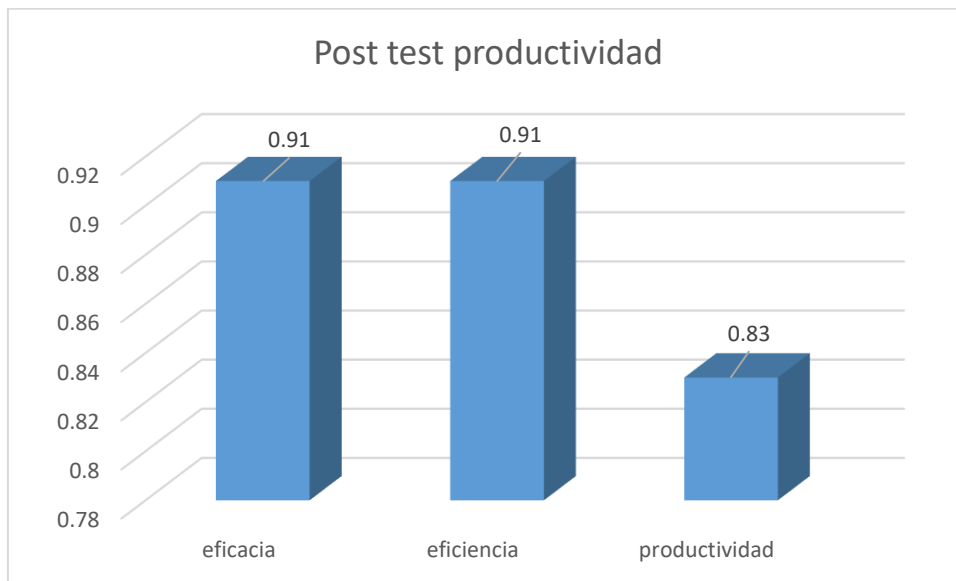
Así mismo se muestra en la tabla N° 61, el resumen de cómo se encuentra la situación en el área de soldadura con respecto a la eficacia, eficiencia y productividad.

Tabla N° 62: Resumen de indicadores

eficacia	0.91
eficiencia	0.91
productividad	0.83

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 50: Post Test de la productividad



Fuente: Elaboración propia

Según la figura N° 50, se puede observar que la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC mejoro teniendo 0.83 de productividad, es decir después de la implementación de la metodología Six Sigma el área de soldadura utiliza el 83% todos los recursos que dispone.

#### Análisis Comparativo Pre y Post Test

Se realiza un resumen comparando las variables dependientes e independientes, el cual después de la implementación de la metodología Six Sigma se realiza una comparación en el Pre y Post Test.

#### Pre y Post de la variable Independiente

Tabla N° 63: Pre y Post de la variable independiente Six Sigma

METODOLOGIA SIX SIGMA		1° INDICADOR	2° INDICADOR
PERIODO	NIVEL SIGMA	DPO	DPMO
PRE TEST	1.1	0.641975308	641975.309
POST TEST	2.3	0.20930232	209302.32

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 63: podemos notar el incremento del nivel sigma, ya que antes era de 1.1 y después es de 2.3

## Pre y Post de la variable dependiente

Tabla N° 64: Pre y Post de la variable dependiente Productividad

PRODUCTIVIDAD		1° INDICADOR	2° INDICADOR	PRODUCTIVIDAD
PERIODO	TIEMPO DE FABRICACION	EFICACIA	EFICIENCIA	EFICACIA * EFICIENCIA
PRE TEST	08:10	0.85	0.86	0.73
POST TEST	07:40	0.91	0.91	0.83

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 64: Notamos que el tiempo de fabricación se redujo de 8:10 horas a 7:40 horas, esto quiere decir que se redujo en un 8% el tiempo de fabricación

### 2.7.5 ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO

En el análisis económico financiero se estudia el costo de los gastos que se necesita para la implementación de la metodología Six sigma, así mismo realizar un análisis financiero para saber cuál es el monto que se ganará al pasar del tiempo, por la implementación de la metodología Six sigma.

- RECURSO DEL PROYECTO

Recursos humanos: personal involucrado en el trabajo de investigación: personal técnico, administrativo y de servicio, asesores etc. A continuación se presenta los recursos humanos necesarios para realizar este proyecto.

Tabla N° 65: Recurso humano para la implementación

ITEM	TALENTO HUMANO	HORAS	ESTANDAR	Cantidad	COSTO
1	Ingeniero de producción	24	S/. 20.00	1	S/. 480.00
2	Jefe de planta	24	S/. 16.00	1	S/. 384.00
3	operario soldador	16	S/. 12.50	2	S/. 400.00
4	Asistente de producción	24	S/. 10.00	1	S/. 240.00
TOTAL					S/. 1,504.00

Fuente: Elaboración propia



Tabla N° 66: Costo por capacitación

ITEM	NOMBRE DEL RECURSO	COSTO TOTAL
1	CAPACITACION TUBERIAS	S/. 2,500.00
2	CAPACITACION TRAZADO Y CORTE	S/. 2,500.00
TOTAL		S/. 5,000.00

Fuente: Elaboración propia

- RECURSOS DE MATERIALES

Materiales y equipos: se mencionan los materiales, equipos e instrumentos, cantidad que se utilizaran en el trabajo de investigación.

Tabla N° 67: Recursos de Materiales

ITEM	RECURSO	CANTIDAD	COSTO UNI.	COSTO TOTAL
1	Tubos chicos (muestra)	2	30	S/. 60.00
2	Winchas 8 metros	8	35	S/. 280,00
3	cinta métrica 30 metros	2	90	S/. 180.00
4	Equipo oxicorte	1	2000	S/. 2,000.00
5	hojas bond	1	10	S/. 10.00
6	Esmeril 7"	1	600	S/. 600.00
TOTAL				S/. 3,130.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 68: Resumen total de costos

COSTO DEL PROYECTO	
ESTUDIO DEL PROYECTO	COSTO TOTAL
COSTOS MO	S/. 1,504.00
COSTOS POR CAPACITACION	S/. 5,000.00
COSTOS POR MATERIAL	S/. 3,130.00
COSTO AUDITORIA	S/. 1,000.00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	S/. 10,634.00

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 68: podemos notar el costo total del proyecto que es de S/. 10,634.00 nuevos soles, esta cantidad será empleado para incrementar la productividad en la empresa MQ METALURGICA SAC.

### 2.7.5.1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

Para calcular el Costo-Beneficio de la implementación de la metodología se tiene en cuenta los siguientes datos:

Tabla N° 69: Datos del costo beneficio

CONCEPTO	CANTIDAD	TIEMPO	TOTAL
Producción Antes	1.05 Tubo/día	1 día	1.05 Tubo/día
Producción Después	1.11 Tubo/día	1 día	1.11 Tubo/día
Producción diferencia	0.06 Tubos/día	1 día	0.06 tubos/día
Producción Mensual	0.06 Tubos/día	24 días/ mes	2 tubos/mensual
Producción Anual	2 Tubos/anual	12 meses/año	24 tubos/año

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 69: muestra una utilidad de 24 tubos/año, con esta información se procede a calcular el margen de contribución mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Margen de contribución} = \text{Precio venta} - \text{Costo Variable}$$

El precio de venta de una tubería de 24" por 6000 mm es de S/. 6050,00. Para obtener el costo variable se debe tener los costos de materia prima y la mano de obra.

Materia prima:

Tabla N° 70: Datos de la materia prima

MATERIA PRIMA	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
Tubo	S/. 1,700	1	S/. 1,700
Bridas	S/. 1,500	2	S/. 3,000
Soldadura	S/. 200	1	S/. 200
discos	S/. 8	6	S/. 48
TOTAL			S/. 4,948

Fuente: Elaboración propia

Mano de obra: en el proceso de soldadura intervienen dos operarios, su remuneración mensual es de S/. 3000,00 quiere decir que su hora de trabajo equivale a S/. 12,50.

Entonces para fabricar un tubo se requiere 07:40 horas por los dos operarios suma un total de 15:20 horas. En conclusión para fabricar un tubo equivale a S/. 191,60/ tubo.

Por lo tanto:

$$\text{Margen de Contribución (tubo)} = \text{S/. } 6050,00/\text{tubo} - (\text{S/. } 4,948/\text{tubo} + \text{S/. } 191,60/\text{ tubo.})$$

$$\text{Margen de Contribución (tubo)} = \text{S/. } 880,40/\text{tubo}$$

Beneficio anual:

$$24 \text{ tubos/año} \times \text{S/. } 880,40/\text{tubo} = \text{S/. } 21,129.60$$

La utilidad neta:

$$\text{Impuesto a la renta (29.5 \%)} = 29.5\% \times \text{S/. } 21,129.60 = \text{S/. } 6,233.23$$

Por lo tanto:

$$\text{Utilidad neta anual} = \text{S/. } 21,129.60 - \text{S/. } 6,233.23 = \text{S/. } 14,896.37$$

Con los datos brindados anteriormente podemos señalar que el beneficio-costo de la implementación es de:

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{S/. } 14,896.37}{\text{S/. } 10,634.00} = 1.40$$

El resultado del análisis realizado es 1.40, mayor que 1, por tal motivo el proyecto es viable.

Tabla N° 71: Flujo de Caja Económico

FLUJO DE CAJA ECONÓMICO													
Meses	0	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Incremento ventas		S/ 12,100.00	S/ 12,535.60	S/ 12,986.88	S/ 13,454.41	S/ 13,938.77	S/ 14,440.56	S/ 14,960.42	S/ 15,499.00	S/ 16,056.96	S/ 16,635.01	S/ 17,233.87	S/ 17,854.29
Incremento costo variable		S/ 9,583.20	S/ 9,822.78	S/ 10,068.35	S/ 10,320.06	S/ 10,578.06	S/ 10,842.51	S/ 11,113.57	S/ 11,391.41	S/ 11,676.20	S/ 11,968.10	S/ 12,267.31	S/ 12,573.99
		S/ 2,516.80	S/ 2,712.82	S/ 2,918.53	S/ 3,134.35	S/ 3,360.71	S/ 3,598.05	S/ 3,846.85	S/ 4,107.59	S/ 4,380.76	S/ 4,666.91	S/ 4,966.57	S/ 5,280.31
Inversión	S/10,634.00												
Flujo neto económico	-S/10,634.00	S/ 2,516.80	S/ 2,712.82	S/ 2,918.53	S/ 3,134.35	S/ 3,360.71	S/ 3,598.05	S/ 3,846.85	S/ 4,107.59	S/ 4,380.76	S/ 4,666.91	S/ 4,966.57	S/ 5,280.31
<b>VAN</b>	<b>S/13,317.93</b>												
<b>TIR</b>	<b>28.18%</b>												

Fuente: Elaboración propia

### **III. RESULTADO**

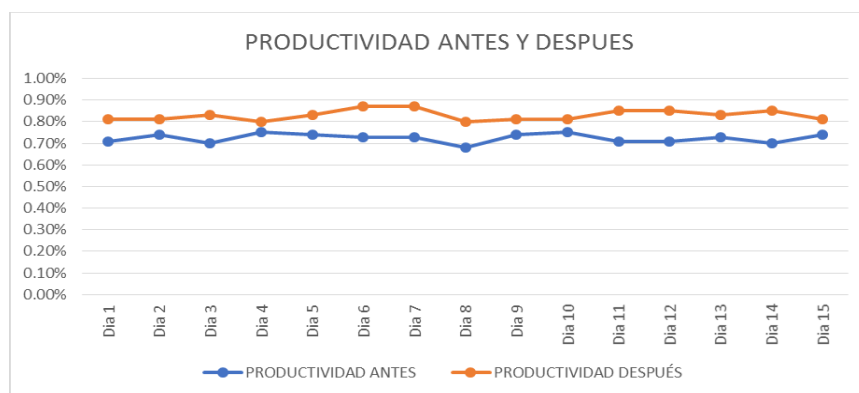
### 3.1 Análisis descriptivo

A continuación se realizara un análisis descriptivo a los datos obtenidos antes y después de la implementación de la metodología Six Sigma en la empresa MQ METALURGICA SAC.

#### 3.1.1 Variable Dependiente: Productividad

Tabla N° 72: Productividad antes y después

N°	PRODUCTIVIDAD ANTES	PRODUCTIVIDAD DESPUÉS
Día 1	0.71%	0.81%
Día 2	0.74%	0.81%
Día 3	0.70%	0.83%
Día 4	0.75%	0.80%
Día 5	0.74%	0.83%
Día 6	0.73%	0.87%
Día 7	0.73%	0.87%
Día 8	0.68%	0.80%
Día 9	0.74%	0.81%
Día 10	0.75%	0.81%
Día 11	0.71%	0.85%
Día 12	0.71%	0.85%
Día 13	0.73%	0.83%
Día 14	0.70%	0.85%
Día 15	0.74%	0.81%



Fuente: Elaboración propia

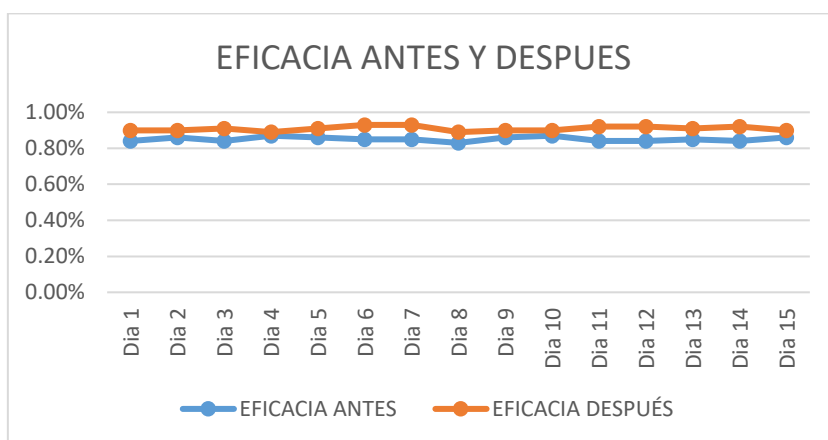
De la tabla N° 72: Muestra los resultados durante los 15 días de la productividad antes y después de la implementación de la metodología Six Sigma, la media de la productividad antes es de 72.4% con una desviación estándar de 2% mientras que la productividad después es de 82.7% y 2.4% respectivamente, evidenciando de esta manera un incremento.

Indicador: Eficacia

Después de hacer la comparación del antes y después de la productividad, se procede hacer lo mismo para el indicador: eficacia

Tabla N° 73: Eficacia antes y después

N°	EFICACIA ANTES	EFICACIA DESPUÉS
Día 1	0.84%	0.90%
Día 2	0.86%	0.90%
Día 3	0.84%	0.91%
Día 4	0.87%	0.89%
Día 5	0.86%	0.91%
Día 6	0.85%	0.93%
Día 7	0.85%	0.93%
Día 8	0.83%	0.89%
Día 9	0.86%	0.90%
Día 10	0.87%	0.90%
Día 11	0.84%	0.92%
Día 12	0.84%	0.92%
Día 13	0.85%	0.91%
Día 14	0.84%	0.92%
Día 15	0.86%	0.90%



Fuente: Elaboración propia

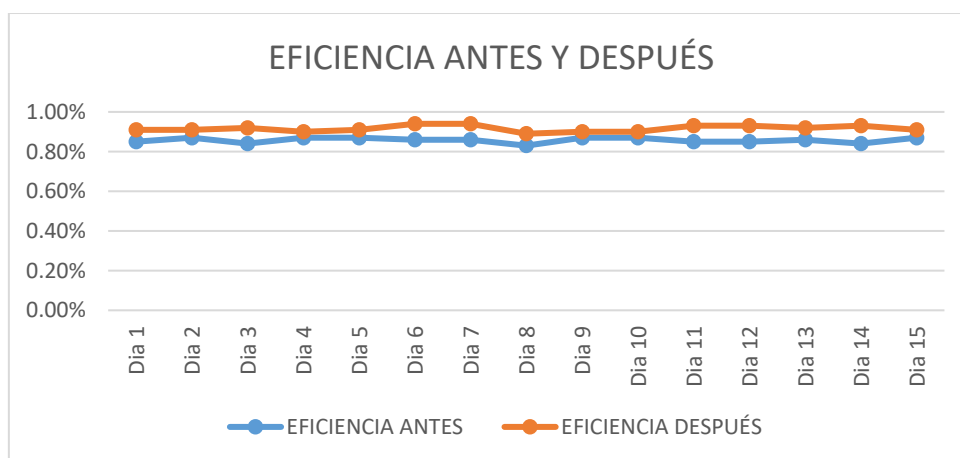
De la tabla N° 73: Muestra los resultados durante los 15 días de la eficacia antes y después de la implementación de la metodología Six Sigma, la media de la eficacia antes es de 85% con una desviación estándar de 1.2% mientras que la eficacia después es de 90.8% y 1.3% respectivamente, evidenciando de esta manera un incremento.

## Indicador Eficiencia

Luego de hacer el análisis de la eficacia, de igual manera se procede hacer el análisis del indicador eficiencia.

Tabla N° 74: Eficiencia antes y después

N°	EFICIENCIA ANTES	EFICIENCIA DESPUÉS
Día 1	0.85%	0.91%
Día 2	0.87%	0.91%
Día 3	0.84%	0.92%
Día 4	0.87%	0.90%
Día 5	0.87%	0.91%
Día 6	0.86%	0.94%
Día 7	0.86%	0.94%
Día 8	0.83%	0.89%
Día 9	0.87%	0.90%
Día 10	0.87%	0.90%
Día 11	0.85%	0.93%
Día 12	0.85%	0.93%
Día 13	0.86%	0.92%
Día 14	0.84%	0.93%
Día 15	0.87%	0.91%



Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 74: Muestra los resultados durante los 15 días de la eficiencia antes y después de la implementación de la metodología Six Sigma, la media de la eficiencia antes es de 85.7% con una desviación estándar de 1.3% mientras que la eficiencia después es de 91.6% y 1.3% respectivamente, evidenciando de esta manera un incremento.



### 3.1.2 Variable Independiente

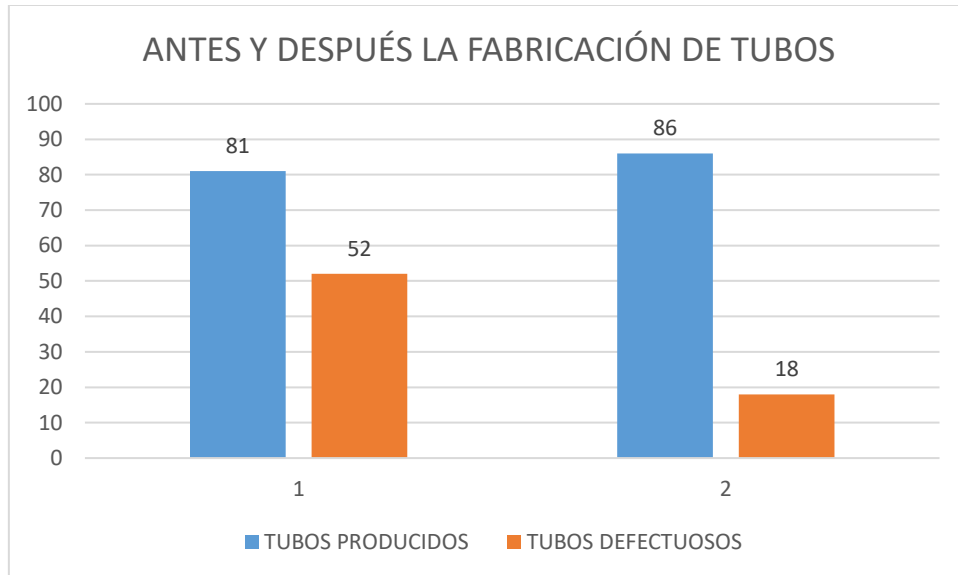
Dimensión: DPO (Defecto por Oportunidad)

Tabla N° 75: Antes y después DPO

	ANTES	DESPUES
TUBOS PRODUCIDOS	81	86
TUBOS DEFECTUOSOS	52	18
DPO	0.641975309	0.209302326
NIVEL SIGMA	1.1	2.3

Fuente: Elaboración propia

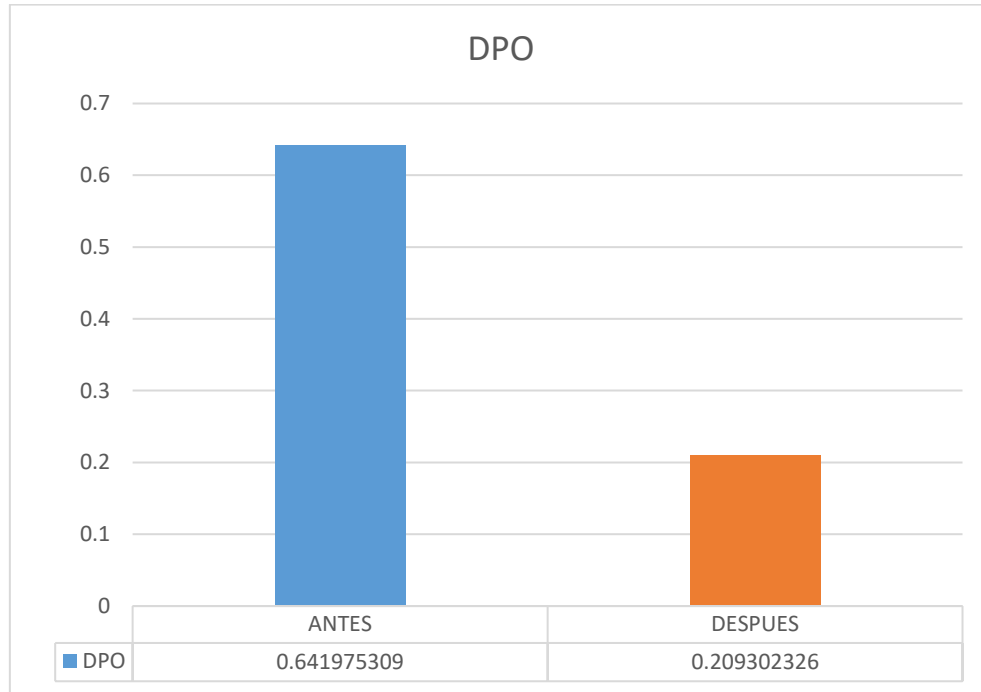
Figura N° 51: Antes y después la fabricación de tubos



Fuente: Elaboración propia

En la figura N°: 51 se puede observar la variación que hay entre los tubos producidos y los tubos defectuosos, incrementando los tubos producidos de 81 en 86 tubos y disminuyendo la cantidad de tubos defectuosos ya que antes era 52 tubos defectuosos, después de la implementación se redujo a 18 tubos defectuosos.

Figura N° 52: Antes y después DPO



Fuente: Elaboración propia

En la figura N° 52: Se puede observar que el índice de DPO (defecto por unidad) se redujo en 0.209302326 defectos por unidad.

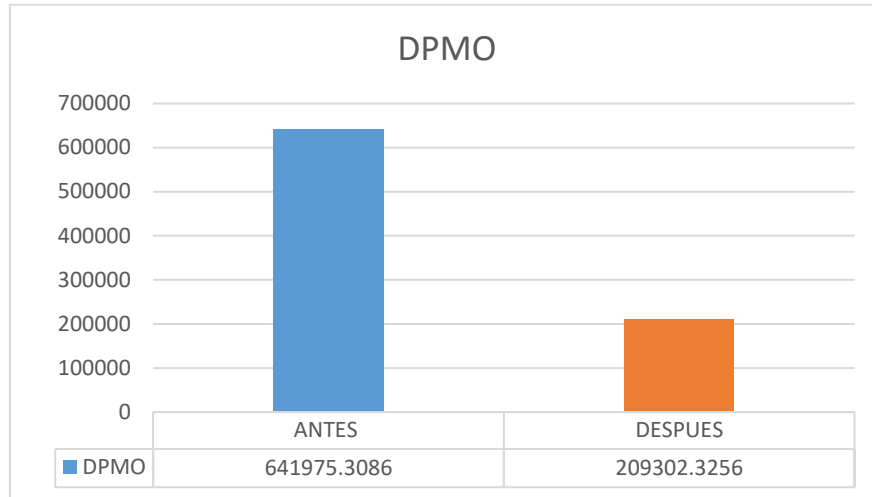
Dimensión DPMO (Defecto por millón de oportunidad)

Tabla N° 76: Antes y después DPMO

	ANTES	DESPUES
DPO	0.64197531	0.20930233
DPMO	641975.309	209302.326
NIVEL SIGMA	1.1	2.3

Fuente: Elaboración propia

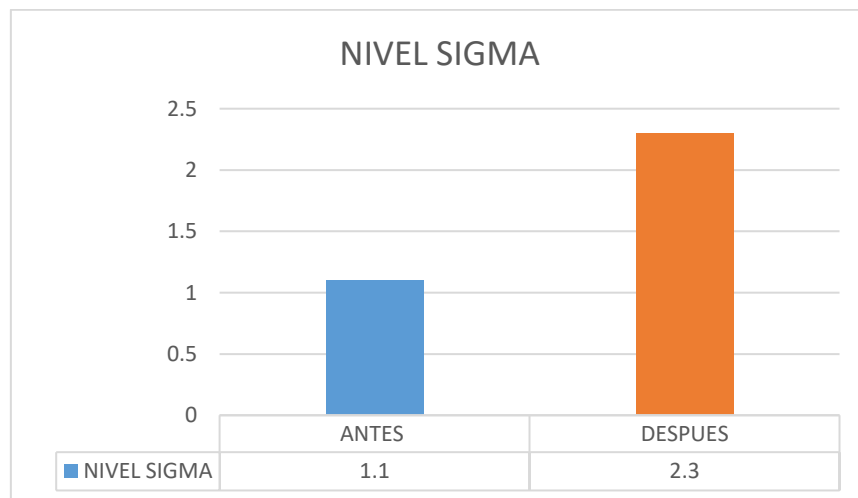
Figura N° 53: Antes y después DPMO



Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 53: Se puede observar que se redujo el defecto por millón de oportunidades en 209302.32, esto quiere decir que por cada millón de tubos fabricados solo el 209302.32 son tubos defectuoso.

Figura N° 54: Antes y después NIVEL SIGMA



Fuente: Elaboración propia

De la figura N° 54: se puede observar el aumento de Nivel Sigma en un 2.3 sigma, quiere decir que el proceso mejoro el rendimiento en un 78.8 %.

### 3.2 Análisis Inferencial

#### 3.2.1 Análisis de Hipótesis general

Ha: La implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con el propósito de contrastar la hipótesis general, se evaluara si la serie de los datos antes y las series de los datos después de la implementación presentan un comportamiento paramétrico, dado que la población y la muestra son menores que 30 datos, se llevara a cabo la prueba de normalidad mediante el estadígrafo Shapiro Wilk.

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

Si  $\rho_{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla N° 77: Prueba de Normalidad para la productividad

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Productividad antes	0.911	15	0.139
Productividad despues	0.879	15	0.045

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 77: muestra que la (Sig) de la productividad antes es 0.139 siendo mayor a 0.05 y la productividad después de 0.045 teniendo un valor menor a 0.05, por lo tanto y en relación a la regla de decisión queda demostrado que la producción antes tiene comportamiento Paramétrico y la producción después No Paramétrico.

Tabla N° 78: Criterio de Selección del Estadígrafo

ANTES	DESPUES	ESTADIGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente al ser paramétrico y no paramétrico se procede al análisis con el estadígrafo WILCOXON.

### Contrastación de la Hipótesis General

(H<sub>0</sub>): La implementación de la metodología Six Sigma no permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

(H<sub>a</sub>): La implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 79: Resultados del análisis de WILCOXON

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Productividad antes	15	0.7240	0.02098	0.68	0.75
Productividad despues	15	0.8287	0.02416	0.80	0.87

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 79: queda demostrado que el resultado de la media de la productividad antes (0.7240) es menor que la media de la productividad después (0.8287), por ende según la regla de decisión no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , entonces se rechaza la hipótesis nula de que la implementación de la metodología Six Sigma no permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC., por la cual queda demostrado que la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con la finalidad de confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis mediante el  $p_{valor}$  o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de WILCOXON.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 80: Análisis de la significancia de los resultados de WILCOXON

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Productividad despues - Productividad antes
Z	-3,418 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	0.001

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon  
b. Se basa en rangos negativos.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 80: Se puede probar que la significancia de la prueba WILCOXON, aplicada a la productividad antes y después es de 0.001, por lo tanto de acuerdo a la regla de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta que la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

### 3.2.2 Análisis de la primera Hipótesis Especifica

(H<sub>a</sub>): La aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con el propósito de contrastar la primera hipótesis específica, es necesario determinar si los datos que corresponden a la serie de la eficiencia antes y después tienen un comportamiento paramétrico. Debido a que los datos son menores a 30, se procede al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

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

Si  $\rho_{valor} > 0.05$ , los datos de la serie tiene un comportamiento paramétrico.

Tabla N° 81: Prueba de Normalidad para la eficiencia

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia antes	0.857	15	0.022
Eficiencia despues	0.937	15	0.349

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 81: demuestra que la significancia de la eficiencia antes con la eficiencia después son mayores a 0.05, por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos paramétricos.

Tabla N° 82: Criterio de Selección del Estadígrafo

ANTES	DESPUES	ESTADIGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente al ser no paramétrico y paramétrico se procede al análisis con el estadígrafo de WILCOXON.

### Contrastación de la primera Hipótesis específica

(H<sub>0</sub>): La aplicación de la metodología Six Sigma no mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

(H<sub>a</sub>): La aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 83: Resultados del análisis de WILCOXON

Estadísticos descriptivos					
	N	Media	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
Eficiencia antes	15	0.8573	0.01335	0.83	0.87
Eficiencia despues	15	0.9160	0.01549	0.89	0.94

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 83: queda demostrado que el resultado de la media de la eficiencia antes (0.8573) es menor que la media de la eficiencia después (0.9160), por ende según la regla de decisión no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , entonces se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación de la metodología Six Sigma no mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. , por la cual queda demostrado que la aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con la finalidad de confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis mediante el  $\rho_{valor}$  o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de WILCONXON a ambas eficiencias.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 84: Análisis de la significancia de los resultados de WILCOXON

Estadísticos de prueba <sup>a</sup>	
	Eficiencia despues - Eficiencia antes
Z	-3,430 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	0.001
a. Prueba de rangos con signo de	
b. Se basa en rangos negativos.	

Fuente: Elaboración propia



De la tabla N° 84: muestra la prueba de WILCOXON de las muestras de la eficiencia antes y después, queda demostrado que el valor de la significancia es de 0.001, ya que este es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que la aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

### 3.2.3 Análisis de la segunda hipótesis específica

(Ha): La aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con el propósito de contrastar la primera hipótesis específica, es necesario determinar si los datos que corresponden a la serie de la eficiencia antes y después tienen un comportamiento paramétrico. Debido a que los datos son menores a 30, se procede al análisis de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro Wilk.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 85: Prueba de Normalidad para la eficacia

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia antes	0.914	15	0.155
Eficacia despues	0.915	15	0.161

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 85: se puede verificar que la significancia de la eficacia antes tiene un valor mayor a 0.05 y la eficacia después tiene un valor mayor a 0.05, por lo tanto y de acuerdo a la regla de decisión queda demostrado que tienen comportamientos paramétricos.

Tabla N° 86: Criterio de Selección del Estadígrafo

ANTES	DESPUES	ESTADIGRAFO
Paramétrico	Paramétrico	T STUDENT
Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON
No Paramétrico	No Paramétrico	WILCOXON

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente al ser paramétrico y paramétrico se procede al análisis con el estadígrafo de T STUDENT.

### Contrastación de la segunda hipótesis específica

$H_0$ : La aplicación de la metodología Six Sigma no mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

( $H_a$ ): La aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 87: Resultados del análisis de T-STUDENT

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Eficacia antes	0.8507	15	0.01223	0.00316
	Eficacia despues	0.9087	15	0.01302	0.00336

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 87: queda demostrado que el resultado de la media de la eficacia antes (0.8507) es menor que la media de la eficacia después (0.9087), por ende según la regla de decisión no se cumple  $H_0: \mu_{Pa} \geq \mu_{Pd}$ , entonces se rechaza la hipótesis nula de que la aplicación de la metodología Six Sigma no mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ

METALURGICA SAC. , por la cual queda demostrado que la aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

Con la finalidad de confirmar que el análisis es correcto, se procede al análisis mediante el  $p_{valor}$  o significancia de los resultados de la aplicación de la prueba de T-STUDENT a ambas eficiencias.

Regla de decisión:

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

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

Tabla N° 88: Análisis de la significancia de los resultados de T-STUDENT

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Eficacia antes - Eficacia despues	-0.05800	0.02042	0.00527	-0.06931	-0.04669	-10.998	14	0.000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla N° 88: muestra la prueba de T-STUDENT de las muestras de la eficacia antes y después, queda demostrado que el valor de la significancia es de 0.000, ya que este es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que la aplicación de la metodología Six Sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC.

#### **IV. DISCUSIÓN**

En la investigación realizada, al implementar la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura en la empresa MQ METALURGICA SAC. Se logró cumplir con los objetivos planteados mediante la eliminación de los defectos en el producto, dando así un incremento de la eficiencia, eficacia y de la productividad, gracias a la implementación se ha podido observar mejoras en el producto en este caso de tuberías en el área de soldadura.

Con respecto a los resultados de la productividad, se observó que la productividad del área de soldadura se ha incrementado a 83% debido a la implementación de la Metodología Six Sigma. Esto concuerda con lo dicho por Rodríguez (2001, p. 76) quien en su investigación Propuesta de mejora continua para la reducción de mermas en una procesadora de vegetales en el departamento de Lima, considerando como trabajos previos, determino que gracias a la mejora continua incremento la producción de albahaca en un 59.82%.

Así mismo, la eficacia en la empresa aumento de 85% a 91%, a consecuencia de la implementación de la Metodología Six Sigma. Este resultado respaldado por Barahona (2014, p. 103) quien en su investigación Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma, el investigador concluyo que tanto la gerencia como los trabajadores cooperen con la metodología implementada, mediante la prueba R y R se determina que en la etapa de medición es aceptable ya que tiene una eficacia de 76%.

Finalmente, el incremento de la eficiencia fue a 91%, esto como consecuencia de la Metodología Six Sigma. Este resultado es semejante a la investigación de Almeida (2013, p. 168), quien en su investigación diseño e implementación de un proceso de mejora continua en la fabricación de prendas de vestir Modotex, considerando como trabajo previo, determino que gracias a la implementación de un proceso de mejora continua logro mejorar la eficiencia de 69.03% a 80.15%.

## V. CONCLUSIONES

Mediante la descripción de la situación actual de la empresa se determinó que la investigación esa establecida en el área de soldadura ya que esta es donde se concentraba los productos inconformes. Así mismo, al identificar las actividades de este proceso, logrando así disminuir el tiempo de fabricación de tubería ya que al inicio era de 08:40 horas mejorando el tiempo en 07:40 horas.

Para incrementar la productividad era necesario mejorar el proceso, se implementó un plan de acción, donde los resultados fueron favorables ya que antes se fabricaban 1.05 tuberías/día después de la mejora se fabricaban 1.11 tuberías/día, incrementando 2 tuberías más al mes. Todo lo antes mencionado se reflejó en un incremento del 8% de productividad en la empresa MQ METALURGICA SAC.

En cuanto a la eficiencia del área de soldadura, también se obtuvo resultados positivos, la aplicación de la herramienta DMAIC generó un incremento de 8% en la eficiencia de la empresa MQ METALURGICA SAC, resultado alcanzado gracias a la eliminación de los productos defectuosos y que los trabajadores fueron capacitados con temas relacionados al proceso para que así amplíen mejor sus conocimientos.

Respecto a la eficacia se logró un incremento de 7.2% luego de implementar la metodología Six Sigma, esto se debe a que se incrementó la producción real por día es mayor que antes por efecto de la reducción del tiempo de fabricación.

En cuanto a los resultados obtenidos después de la implementación de la metodología Six Sigma, ha quedado demostrado que la productividad se incrementó a 83% en el área de soldadura de la empresa MQ METALURGICA SAC. A la vez obtuvo un incremento en el nivel sigma del área de soldadura ya que antes tenía un nivel sigma de 1.1 y después de la mejora incremento en 2.3 el rendimiento de proceso, cabe resaltar que el incremento fue gracias a la eliminación de productos defectuosos.

## **VI. RECOMENDACIONES**



Una vez terminada la presente investigación y haber demostrado que mediante la metodología Six Sigma se logra incrementar la productividad, se recomienda lo siguiente para la empresa y futuras investigaciones.

La mejora continua se realiza en toda organización se sugiere seguir midiendo la cantidad de productos defectuosos, pues el incremento de tubos defectuosos va reflejado con los tubos fabricados, para así llevar un control de los tubo

Respecto a los formatos de trazado y corte se deben de inspeccionar seguido, pues ahí es donde inicia la causa raíz, es en ese proceso donde el producto tiene que salir con la tolerancia para que el producto se conforme y tenga las expectativas del cliente y no su rechazo.

Utilizar correctamente los instrumentos y herramientas de medición es en ese punto donde hay mayor error en la fabricación de tubos.

Se debe de continuar con las capacitaciones u entrenamientos sobre los temas relacionados al proceso en este caso de tubería ya que en una parte gana la empresa por los productos conforme y otra parte gana el operario al estar capacitado.

Por otro lado es recomendable seguir con el orden en la empresa respetar el formato de trabajo seguro, ya que el orden y limpieza habla bien de uno y bien de la empresa, seguir con la mejora de procesos en la empresa para incrementar la productividad.

Finalmente medir el nivel sigma del proceso ya que el rendimiento del proceso puede variar, ya que depende de los productos defectuosos, para incrementar la productividad en la empresa se recomienda el análisis de diversos factores tales como: el orden y limpieza, verificación del proceso, indicadores de capacidad de proceso, etc. Todos estos factores influyen directamente en la productividad.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Jhony. OLIVARES, Nilton. Diseño e implementación de un proceso de mejora continua en la fabricación de prendas de vestir Modetex. Tesis (Título profesional de Ingeniero Industrial). Universidad de San Martín de Porres, facultad de ingeniería (2013). 168 pp.

AVILA, Andrea. Modelo para la implementación y aplicación de seis sigma en base a la industria de acero. Tesis (Título de Ingeniería Industrial). Universidad de San Carlos de Guatemala, facultad de ingeniería (2006). 72 pp.

BARAHONA, Leandro. NAVARRO, Jessica. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología Lean Six Sigma. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Católica del Perú, facultad de Ciencias e Ingeniería. (2014). 103 pp.

BERNARDO, Katherine. PAREDES, Jennifer. Aplicación de metodología Six Sigma para mejorar el proceso de registro de matrícula, en la universidad autónoma del Perú. Tesis (Título profesional de ingeniero de sistemas). Universidad Autónoma del Perú, facultad de ingeniería (2016). 235 pp.

ECHEVARRIA, Raúl. Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora en la uniformidad del producto final en una fábrica de neumáticos Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería (2016). 44 pp.

MIRANDA, Six sigma guía para principiantes, 1° edición, Panorama: México pág.11

ISBN: 968-38-11462

PORTILLO, Ruddy. QUINTANILLA, Alcir. Propuesta de aplicación de la filosofía Seis Sigma a las empresas certificadas con ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plástico. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Don Bosco, facultad de Ingeniería (2004). 148 pp.

PRIETO, Percy. Uso de la metodología six sigma como referencia para la optimización de un área de mantenimiento de planta. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Mayor de San Marcos. Facultad de ingeniería (2008). 199 pp.

PRIETO, Mariano. DEMAIC: Un entorno para la aplicación sistemática de la metodología seis sigma en proyectos de mejora. Tesis Doctoral). Universidad Rey Juan Carlos. Facultad de Estadística e Investigación Operativa (2012) 9pp.

RODRIGUEZ, Cinthia. Propuesta de un sistema de mejora continua para la reducción de mermas en una procesadora de vegetales en el departamento de Lima con el objetivo de aumentar su productividad y competitividad. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de ingeniería (2011). (p. 76).

VALDIVIA, Carlos. Diagnóstico y Propuestas de Mejora de Procesos empleando la Metodología Six-Sigma para una Fábrica de Mantenimiento y Reposición de Mobiliario para Supermercados y Tiendas Comerciales. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Católica del Perú, facultad de Ciencias e Ingeniería. (2013). 101 pp.

RUEDA, Lizbeth. Aplicación de la metodología seis sigma y lean manufacturing para la reducción de costos, en la producción de jeringas hipodérmicas desechables. Tesis (Maestro en Ciencias en Administración de Negocios). Instituto Politécnico Nacional, facultad de Comercio y Administración. (2007). 89 pp.

TOVAR, Blanca. Aplicación del Six Sigma a devoluciones de los clientes en comercialización de autopartes no originales. Tesis (Maestría en Ciencia y Tecnología). Institucional en Ciencia y Tecnología, facultad de ingeniería (2014). 80 pp.

SAN MIGUEL, Calidad, 1° edición Paraninfo: España 2009 pág. 6  
ISBN: 978-84-9732-542-4.

SAN MIGUEL, Calidad, 1° edición Paraninfo: España 2009 pág. 14  
ISBN: 978-84-9732-542-4.

## ANEXOS

- MATRIZ DE COHERENCIA

Anexo N° 1: Matriz de coherencia

MATRIZ DE COHERENCIA				
Variables	Dimensiones	Problema general	Objetivo general	Hipotesis general
V. independiente				
SIX SIGMA	DPO(Defecto por oportunidad)	¿Como la implementación de la metodología Six sigma permite mejorar la productividad, en el área de soldadura en una empresa metalmeccanica MQ. METALURGICA SAC?	Determinar como la implementación de la metodología Six Sigma mejora la productividad en el área de soldadura en una empresa metalmeccanica MQ METALURGICA SAC.	La implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa metalmeccanica MQ METALURGICA SAC.
	DPMO (Defectos por millon)			
V. dependiente		Problemas especificos	Objetivos especificos	Hipotesis especificos
PRODUCTIVIDAD	EFICACIA	¿De qué manera la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la eficacia en el área de soldadura en la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC?	Determinar como la implementación de la metodología Six sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC.	La aplicación de la metodología Six sigma mejora la eficacia en el área de soldadura de la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC.
	EFICIENCIA	¿De qué manera la implementación de la metodología Six Sigma permite mejorar la eficiencia en el área de soldadura en la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC?	Determinar como la implementación de la metodología Six sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC.	La aplicación de la metodología Six sigma mejora la eficiencia en el área de soldadura de la empresa metalmeccánica M.Q. METALURGICA SAC.

Fuente: Elaboración propia

- INSTRUMENTOS

Anexo N° 2: Diagrama de análisis de proceso

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS										
Diagrama N° 1 Hoja N° 1				RESUMEN DE ACTIVIDAD					CANT.	
Objeto:				OPERACIÓN: ●						
Actividad:				TRANSPORTE: ➡						
Metodo:				ESPERA: ⏸						
Area:				INSPECCION: ■						
Operario:				ALMACENAMIENTO: ▼						
Elaborado por: Jorge Vladimir Pereda Quispe				OP/ INSP: ■						
Fecha:				DISTANCIA: (MTS)						
Actividad:				TIEMPOS (T)						
N°	DESCRIPCION	(D) MT	(T) MIN	TIPO DE ACTIVIDAD						OBSERVACION
				OPERACION	TRANSPORTE	ESPERA	INSPECCION	ALMACENAMIENTO	OPERACIÓN E INSPECCION	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
TIEMPO TOTAL										

Fuente: Elaboración propia

### Anexo N° 3: Formato de Producción

FORMATO PARA CALCULAR LA PRODUCCIÓN						
Area: Soldadura						
Operario:						
Realizado por: Jorge Pereda						
DÍA	PRODUCCION PLANIFICADA		PRODUCCION REAL		PRODUCCION REAL	
	PIEZAS ESTIMADAS	HORAS ESTIMADAS	HORAS REALES	PIEZAS ESTIMADA	HORAS ESTIMADAS	PIEZAS PRODUCIDAS
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Fuente: Elaboración propia



Anexo N° 4: Formato de Eficacia

Días de producción	Producción real	Producción estimada	EFICACIA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			


Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 5: Formato de Eficiencia

Días de producción	HORAS ALCANZADAS	HORAS PROGRAMADAS	EFICIENCIA
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			


Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 6: Productividad total

PRODUCTIVIDAD			
Area: Soldadura			
Realizado por: Jorge Pereda			
Dias de produccion	EFICIENCIA	EFICACIA	PRODUCTIVIDAD
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 7: Procedimiento de trabajo seguro

	
<b>PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO</b>	
USO DE EQUIPOS DE TALLER	FECHA:
<b>OBJETIVO DEL DOCUMENTO</b>	
Hacer conocer los procedimientos de trabajo y los involucrados en la realización del trabajo	
Mostrar a los trabajadores la manera correcta de realizar los trabajos a considerar	
Establecer los lineamientos y las practicas seguras para controlar los riesgos relacionados con el equipo de taller	
<b>ALCANCE DEL DOCUMENTO</b>	
Aplicar a todos los trabajos de soldadura realizados por los trabajadores de dicha area, que se realicen dentro de las instalaciones de la empresa .	
<b>INICIO</b>	<b>FIN</b>
Al inicio se hace una limpieza de area de 10 minutos	Orden y limpieza del area de trabajo
<b>RESPONSABILIDADES</b>	
<b>INGENIERO DE PRODUCCION:</b>	
Asegurarse que el personal haga la limpieza de su area	
Inspeccionar diariamente los trabajos	
Revisar el area	
Proporcionar soporte al trabajador	
<b>TRABAJADORES</b>	
Cumplir con el procedimiento	
Inspeccionar visualmente el area donde va efectuar el trabajo en caso de detectar cualquier peligro comunicar al supervisor	
Usar adecuadamente los EPPS proporcionados	
Si se produce condicion insegura o que tiene el potencial de causar un evento no deseado para inmediatamente el trabajo y comunicar al supervisor.	
Aprobado:	

Fuente: Elaboración propia










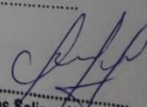




Anexo N° 13: Formato de conformidad Trazado de tuberías

HABILITADO DE MATERIAL				
Proceso: trazado				
Area: Planta				
ITEM	TUBO	OPERADOR	MEDIDA FINAL 6000( -1)	CONFORME O NO CONFORME
1	24"	MONTOYA	6000	CONFORME
2	24"	MONTOYA	6000	CONFORME
3	24"	MONTOYA	5999	CONFORME
4	24"	ULLILEM	6000	CONFORME
5	24"	RUIZ	6000	CONFORME
6	24"	RUIZ	5999	CONFORME
7	24"	SANCHEZ	6001	NO CONFORME
8	24"	SANCHEZ	6000	CONFORME
9	24"	ENCISO	5999	CONFORME
10	24"	ENCISO	6001	NO CONFORME
11				
12				
13				
14				
15				


Revisado: .....

  
 Ing. Andrés Salinas Valdivia  
 JEFE DE PRODUCCIÓN  
 MQ METALÚRGICA SAC

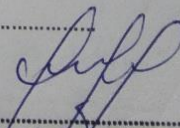
Fuente: Elaboración propia



Anexo N° 15: Formato de Conformidad Corte de tuberías

HABILITADO DE MATERIAL				
Proceso: Corte				
Area: Planta				
ITEM	TUBO	OPERADOR	MEDIDA FINAL +/- 1	CONFORME O NO CONFORME
1	24"	MONTOYA	6001	CONFORME
2	24"	MONTOYA	6000	CONFORME
3	24"	ULLUM	6000	CONFORME
4	24"	ULLUM	6000	CONFORME
5	24"	RUIZ	6001	CONFORME
6	24"	RUIZ	6001	CONFORME
7	24"	SANCHEZ	6002	NO CONFORME
8	24"	SANCHEZ	6001	CONFORME
9	24"	ENCISO	6001	CONFORME
10	24"	ENCISO	6002	NO CONFORME
11				
12				
13				
14				
15				
16				

Revisado: .....

  
 Ing. Andrés Salinas Valdivia  
 JEFE DE PRODUCCIÓN  
 MQ METALÚRGICA SAC

Fuente: Elaboración propia

## Anexo N° 16: Formato de Procedimiento de Soldadura

ESPECIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI:  
 PRECALIFICADO: CALIFICADO POR ENSAYO:  
 O REGISTRO DE PROCEDIMIENTO DE CALIFICACION (PQR) SI:

Nombre de la compañía: MQ METALURGICA
Proceso de soldadura: SMAW
PQR de soporte N°:

DISEÑO DE JUNTA USADA	
TIPO: A TOPE	
Simple:	Ambos lados: X
Placa de respaldo:	SI NO: X
Material de placa de respaldo	
Abertura de raíz:	3 mm Talon: 3 mm
Angulo de canal:	60° Radios (J-U)
Cordon de respaldo:	SI NO METODO

METALES BASE	
Especificacion del material: ASTM A 572	
Tipo o grado: Gr 50	
Espesor: Canal:	2" Filete:
Diametro tubo	

METALES DE APORTE	
Especificacion AWS: A5.1	
Clasificacion AWS: E 7018	

PROTECCION	
Flux	Gas
Composicion	
Electrodo- Flux (clase)	Caudal:
Diametro de la tobera:	

PRECALENTAMIENTO	
Temp. De precalentamiento minima: 65°	
Temp. De interpase Min:	65° Max:

Identificacion:	SMAW 2G	
Revision:	Fecha:	Por:
Autorizado por: JORGE PEREDA Fecha: 21/12/2017		
Tipo	Manual: X	Semiautomatico:
Mecanizado: Automatico:		

Posicion		
Posicion del canal:	HORIZONTAL	Filete:
Progresion vertical:	Ascendente:	Descendente:

CARACTERISTICAS ELECTRICAS	
Modo de transferencia (GMAW)	Cotocircuito:
Globular:	Spray:
Corriente:	AC: DCEP: X DCEN: PULSADA:
Otro:	
Electrodo de tungsteno (GTAW)	
Tamaño:	
Tipo:	

TECNICA	
Cordon recto u oscilante: CORDON OSCILANTE	
Multipase o un solo pase (por lado): MULTIPLES PASES	
Numero de electrodos: 1	
Espaciamento entre electr. Longitudinal:	
Lateral:	
Angulo:	
Distancia tubo de contacto a pieza	
Martillado:	
Limpieza entre pasadas: DISCO ABRAZIBO	

TRATAMIENTO TERMICO	
Temperatura:	
Tiempo:	

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA								
Pase o capas de soldadura	Proceso	Metal de aporte		CORRIENTE		Tensión Voltaje	Velocidad de soldeo	Detalle de la junta
		Clase	Diametro	Tipo y Polarida	Amperaje o velocidad de			
1-n	SMAW	E 7018	1/8"	DCEP	100 - 145 A		15-30 cm/min	

Fuente: Elaboración propia

**DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICIÓN A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTOS**

## CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor(a)(ita):

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Nos es muy grato comunicarnos con usted para expresarle nuestros saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que siendo estudiante de la EAP de Ingeniería Industrial de la UCV, en la sede Lima Norte, promoción 2016, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación y con la cual optaremos el título de bachiller.

El título nombre de nuestro proyecto de investigación es: **“LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE SOLDADURA DE LA EMPRESA M.Q METALURGICA SAC. , LIMA, 2017”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas educativos y/o investigación educativa.

El expediente de validación, que le hacemos llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Definiciones conceptuales de las variables y dimensiones.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos.

Expresándole nuestros sentimientos de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.

---

Firma

Pereda Quispe Jorge Vladimir

D.N.I: 47470142

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE Y DIMENSIONES

### **Variable:** SIX SIGMA

Six sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos que persigue reducir o eliminar los defectos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

Six sigma utiliza herramientas estadísticas para la caracterización y el estudio de procesos, de ahí el nombre de la herramienta, ya que sigma representa tradicionalmente la variabilidad en un proceso y el objetivo de la metodología Six sigma es reducir esta de modo que el proceso se encuentre siempre dentro de los límites establecidos por los requisitos del cliente. (Pérez, 2010, P.1).

### **Dimensiones de las variables:** SIX SIGMA

#### Dimensión 1: DPO (Defectos por oportunidad)

- Defecto (D): Cualquier evento que no cumpla la especificación de un CTQ o cuando una característica no cumple con el estándar.
- Oportunidad de defectos (O): Cualquier característica que pueda medirse y de una *oportunidad* de no satisfacer un requisito del cliente. (Hernández y Reyes, 2007, P.4).

#### Dimensión 2: DPMO (Defecto por Millón de Oportunidades)

- Defectos por millón de oportunidades (DPMO): Es el número de defectos encontrados en cada millón de unidades. (Hernández y Reyes, 2007, P.4).

## DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE DEPENDIENTE Y SUS DIMENSIONES

### **Variable: PRODUCTIVIDAD**

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumo). (Carro y Gonzales, 2012, P.1).

### **Dimensiones de las variables: PRODUCTIVIDAD**

#### Dimensión 1: Eficacia

La eficacia es una medida del logro de resultados. Quiere decir se relaciona los objetivos / resultados propuestos. (Chiavenato, 2007, P.130)

#### Dimensión 2: Eficiencia

La eficiencia es una medida de la utilización de los recursos en ese proceso. También es una relación entre insumos y productos. (Chiavenato, 2007, P.130)



**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDEX	ESCALA
SIX SIGMA	PEREZ (2010). Six sigma es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos que persigue reducir o eliminar los defectos en la entrega de un producto o servicio al cliente. (p.1).	Permite utilizar herramientas estadísticas para el estudio del proceso teniendo como meta reducir y eliminar los defectos o fallas en la entrega del producto para la satisfacción de los clientes, entregándoles un producto de calidad.	DPO (Defecto por oportunidad)	D= defectos U= unidades O= oportunidades $DPO = \frac{D}{U \times O}$	RAZON
			DPMO (Defecto por millon de oportunidades)	$DPMO = DPO * 1000000$	RAZON
PRODUCTIVIDAD	CARRO y GONZALES (2012). La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumo). (p.1).	La productividad involucra a todos los recursos entradas y salidas puede medirse de distintas formas pero en este caso tomaremos la eficiencia y la eficacia llevando así a la empresa al objetivo el de mejorar la productividad.	EFICACIA	E = Eficacia N.H.A: Número de horas alcanzadas N.H.P: Número de horas programadas $E = \frac{NHA}{NHP}$	RAZON
			EFICIENCIA	EF: Eficiencia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada $EF = \frac{Pr}{Pe}$	RAZON

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 18: Ficha de validación 1

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>DIMENSIÓN 1: DPO (Defectos por oportunidad)</b>  D= defectos U= unidades O= oportunidades  $DPO = \frac{D}{U \times O}$							
2	<b>DIMENSIÓN 2 DPMO (Defecto por Millón de Oportunidades)</b>  $DPMO = DPO * 1000000$							

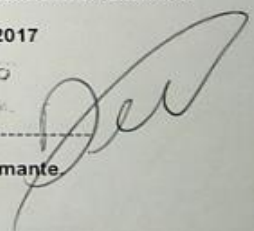
Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir     No aplicable

Apellidos y nombres del juez validador. Dr./Mg: Daniel Silva    DNI: 10792630

Especialidad del validador: MSc IT, IUG INDUSTRIAL

21 de oct del 2017

**DANIEL RICARDO SILVA SIU**  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 11024  
 Firma del Experto Informante 

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sub>1</sub>		Relevancia <sub>2</sub>		Claridad <sub>3</sub>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficacia</b>							
3	E = Eficacia N.H.A: Número de horas alcanzadas N.H.P: Número de horas programadas $E = \frac{NHP}{NHA}$							
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficiencia</b>							
4	EF: Eficiencia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada $EF = \frac{Pr}{Pe}$							

Observaciones (precisar si hay suficiencia): si hay

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  ]    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dr. Mg. Daniel Silva    DNI: 6197692


Especialidad del validador: MSc. IT, ING. INDUSTRIAL

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo.  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

Nota: Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión.

21 de oct del 2017  
**DANIEL RICARDO SILVA SIU**  
 INGENIERO INDUSTRIAL  
 Reg. CIP N° 110240  
 Firma del Experto Informante 

Anexo N° 19: Ficha de validación 2

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
1	<b>DIMENSIÓN 1: DPO (Defectos por oportunidad)</b>							
	D= defectos U= unidades O= oportunidades $DPO = \frac{D}{U \times O}$	/		/		/		
2	<b>DIMENSIÓN 2 DPMO (Defecto por Millón de Oportunidades)</b>	Si	No	Si	No	Si	No	
	$DPMO = DPO * 1000000$	/		/		/		


Observaciones (precisar si hay suficiencia): Si hay

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador. Dni Mg: Sunohara Ramirez Doray    DNI: 40608754

Especialidad del validador: Ing. Industriad    MSc. Asesorador TI

...de...del 2017  
23 de 10 del 2017

  
Firma del Experto Informante.

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión



**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

Nº	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sub>1</sub>		Relevancia <sub>2</sub>		Claridad <sub>3</sub>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficacia</b>							
<b>3</b>	E = Eficacia N.H.A: Número de horas alcanzadas N.H.P: Número de horas programadas $E = \frac{NHP}{NHA}$	✓		✓		✓		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficiencia</b>							
<b>4</b>	EF: Eficiencia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada $EF = \frac{Pr}{Pe}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): si 100%

Opinión de aplicabilidad:  Aplicable  Aplicable después de corregir  No aplicable

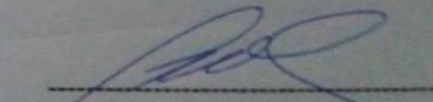
Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: Sanchez Perez DNI: 40608754

Especialidad del validador: Ing. Industrial NSc dirección TF

... 23 de 10 del 2017

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
 Firma del Experto Informante

Anexo N° 20: Ficha de validación 3

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE INDEPENDIENTE SIX SIGMA**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1: DPO (Defectos por oportunidad)</b>							
1	D= defectos U= unidades O= oportunidades $DPO = \frac{D}{U \times O}$	✓		✓		✓		<i>Revisar la inclusión de Medir el nivel σ (Sigma).</i>
	<b>DIMENSIÓN 2 DPMO (Defecto por Millón de Oportunidades)</b>							
2	$DPMO = DPO * 1000000$	✓		✓		✓		

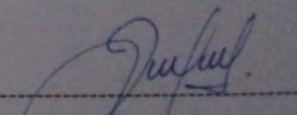
Observaciones (precisar si hay suficiencia): \_\_\_\_\_

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable []    Aplicable después de corregir []    No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador. Dr/ Mg: George Reinaldo Vázquez.    DNI: 43081598.

Especialidad del validador: INGENIERIA INDUSTRIAL

23 de 10 del 2017

  
 \_\_\_\_\_  
**Firma del Experto Informante.**

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA VARIABLE DEPENDIENTE PRODUCTIVIDAD**

N°	DIMENSIONES / ítems	Pertinencia <sub>1</sub>		Relevancia <sub>2</sub>		Claridad <sub>3</sub>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>DIMENSIÓN 1 Eficacia</b>							
3	E = Eficacia N.H.A: Número de horas alcanzadas N.H.P: Número de horas programadas  $E = \frac{NHP}{NHA}$	✓		✓		✓		
	<b>DIMENSIÓN 2 Eficiencia</b>							
4	EF: Eficiencia Pr: Producción Real Pe: Producción esperada  $EF = \frac{Pr}{Pe}$	✓		✓		✓		

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** Uso de Nivel Sigma como indicador. (variable).

**Opinión de aplicabilidad:** Aplicable []      Aplicable después de corregir [  ]      No aplicable [  ]

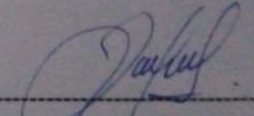
**Apellidos y nombres del juez validador.** Dr/ Mg: G. Rincón U.      DNI: 43081598

**Especialidad del validador:** INGENIERIA INDUSTRIAL

.....<sup>23</sup> de <sup>10</sup> del 2017

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
Firma del Experto informante.

Anexo N° 21: Ficha turnitn



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE SOLDADURA  
DE LA EMPRESA M.Q METALURGICA SAC. , LIMA, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

PEREDA QUISPE, JORGE VLADIMIR

ASESOR

MGTR. REINOSO VASQUEZ, GEORGE

**L**INEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMA DE **G**ESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA – PERÚ

2018

Resumen de coincidencias

20 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	12 %	>
Fuente de Internet			
2	Entregado a Universida...	4 %	>
Trabajo del estudiante			
3	Entregado a Pontificia ...	3 %	>
Trabajo del estudiante			
4	es.slideshare.net	<1 %	>
Fuente de Internet			
5	www.buenastareas.com	<1 %	>
Fuente de Internet			



## Dpi Jorge Pereda

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**20%**

INDICE DE SIMILITUD

**16%**

FUENTES DE INTERNET

**0%**

PUBLICACIONES

**14%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>12%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>es.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>www.buenastareas.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 100 words

Excluir bibliografía

Apagado



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

Yo, LEONIDAS MANUEL BRAVO ROJAS, Coordinador de Investigación de la EP de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo, Lima Norte, verifico que la Tesis Titulada: "LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE SOLDADURA DE LA EMPRESA M.Q METALURGICA SAC., LIMA, 2018", del estudiante PEREDA QUISPE JORGE VLADIMIR; tiene un índice de similitud de 20 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Los Olivos, 19 de noviembre del 2018

.....  
**Dr. LEONIDAS M. BRAVO ROJAS**  
Coordinador de Investigación de la EP de  
Ingeniería Industrial

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE SOLDADURA  
DE LA EMPRESA M.Q METALURGICA SAC. , LIMA, 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:

PEREDA QUISPE, JORGE VLADIMIR

ASESOR

MGTR. REINOSO VASQUEZ, GEORGE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SISTEMA DE GESTIÓN EMPRESARIAL Y PRODUCTIVA

LIMA – PERÚ

2018

Resumen de coincidencias ×

**20 %**

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	12 %	>
	Fuente de Internet		
2	Entregado a Universida...	4 %	>
	Trabajo del estudiante		
3	Entregado a Pontificia...	3 %	>
	Trabajo del estudiante		
4	es.slideshare.net	<1 %	>
	Fuente de Internet		
5	www.buenastareas.com	<1 %	>
	Fuente de Internet		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

### 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Pereda Quispe Jorge Vladimir

D.N.I. : 47470142

Domicilio : Mz. G47 Lt. 4 Bocanegra Sector 5 Callao

Teléfono : Fijo : ..... Móvil : 997851431

E-mail : vlady\_pereda18@hotmail.com

### 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería

Escuela : Ingeniería Industrial

Carrera : Ingeniería Industrial

Título : Ingeniero Industrial

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado : .....

Mención : .....

### 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Pereda Quispe Jorge Vladimir

Título de la tesis:

La aplicación de la metodología Six Sigma para mejorar la productividad en el área de soldadura de la empresa M.Q Metalurgica SAC., Lima, 2018

Año de publicación : 2018

### 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :  .....

Fecha: 19/11/2018



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
EP DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

PEREDA QUISPE JORGE VLADIMIR

INFORME TÍTULADO:

LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA  
MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE  
SOLDADURA DE LA EMPRESA M.Q METALÚRGICA SAC.,  
LIMA, 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO INDUSTRIAL

SUSTENTADO EN FECHA: 03 DE JULIO DEL 2018

NOTA O MENCIÓN: 12

  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

## FORMATO DE SOLICITUD

### SOLICITA: EMPASTADO DE TESIS

ESCUELA DE ING. INDUSTRIAL / EMPRESARIAL

Yo, Jorge Vladimir Pereda Quispe con DNI N° 47470142

Domiciliado (a) en Mz. G47 Lt. 4 Bocanegra Sector 5 Callao

Ante Ud. con el debido respeto expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción: 2018 – 1 del programa: Pregrado identificado con el código de matrícula N° 6700262531

de la Escuela de Pre- grado, recorro a su honorable despacho para solicitarle lo siguiente:

.....  
Empastado de mi Tesis para trámite de titulación  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 19 de noviembre de 2018.



.....  
(Firma del solicitante)



Documentos que adjunto:

a.-.....  
b.-.....  
c.-.....

cualquier consulta por favor comunicarse al:

Teléfono: 997851431

Email: vlady\_pereda18@hotmail.com