



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

Aplicación de la metodología Six Sigma para la mejora de la  
productividad en el proceso de filtrado de concentrado en la Compañía  
Minera Antamina Huaráz-Perú 2016

---

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Marcos Antonio Tejada Martínez

**Asesor:**

Ing. Leonidas Benites Rodriguez

**Línea de investigación:**

Gestión Empresarial y Productiva

Lima - Perú

2016

Página del jurado



---

Presidente


Mg. Guido Suca Apaza



---

Secretario

Mg. Marco Meza Velasquez



---

Vocal

Mg. Ronald Dávila Laguna

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Marcos y Graciela porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, apoyo incondicional y paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. A toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

## **Agradecimiento**

A Dios por estar siempre conmigo cuidándome y dándome la fortaleza para para continuar, a la universidad, a mi familia por la comprensión, ayuda incondicional, quienes a lo largo de mi vida han depositado su entera confianza en cada reto que me propongo y a mis profesores quienes no dudaron ni un solo momento de mi capacidad.

### **Declaración de autenticidad**

Yo: Marcos Antonio Tejada Martínez con DNI N° 09325804, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de grados y títulos de la universidad cesar Vallejo, facultad de ingeniería.

Escuela de ingeniería industrial, declaro en juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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



Marcos Antonio Tejada Martínez

DNI: 0925804

## **Presentación**

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la universidad Cesar Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada " APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA PARA LA MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL PROCESO DE FILTRADO DE CONCENTRADO EN LA CÍA. MINERA ANTAMINA HUARÁZ-PERÚ 2016 ", la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de ingeniero industrial.

El presente estudio de tesis fue elaborado en base a la experiencia durante el tiempo de trabajador de dicha empresa y como universitario investigando la información de la manera como se implementa la metodología six sigma en el área.

El estudio constó de siete capítulos que son: El primero: Introducción, el segundo: Marco metodológico, el tercero: Resultados, el cuarto: Discusión, el quinto: Conclusiones, el sexto: Recomendaciones, el séptimo: Referencias y por finalizar, anexos.

Este estudio tuvo como objetivo implementar la metodología six sigma en la mejora a la productividad en el proceso de filtrado de concentrado en la Cía. Minera Antamina Huaráz.

Marcos Antonio Tejada Martínez

## Índice general

Página de jurado	I
Dedicatoria	II
Agradecimiento	III
Declaración de autenticidad	IV
Presentación	V
Índice general	VI
Índice de figuras	VIII
Índice de gráficos	IX
Índice de tablas	X
Resumen	XI
Abstract	XII
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	2
1.2. Trabajos previos	17
1.3. Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1. Six Sigma	23
1.3.2. Características (principios) de six sigma	25
1.3.3. Metodología six sigma	28
1.3.4. Implantación de la estrategia 6 sigma	32
1.3.5. Fase de definición	34
1.3.6. Fase de medición	39
1.3.7. Fase de análisis	47
1.3.8. Fase de mejora	51
1.3.9. Fase de control	55
1.3.9.A Fundamentos de la productividad	62
1.4. Formulación del problema	69
1.4.1. Froblema general	69
1.4.2. Froblemas específicos	69
1.4.3. Froblema principal	69
1.5. Justificación del estudio	69
1.5.1. Justificación teórica	69
1.5.2. Justificación práctica	70
1.5.3. Justificación metodológica	70
1.6. Hipótesis	71
1.6.1. Hipótesis general	71
1.6.2. Hipótesis específicas	71

1.7. Objetivos	71
1.7.1. Objetivo general	71
1.7.2. Objetivos específicos	71
<b>II. MÉTODO</b>	
2.1. Diseño de investigación y tipo de investigación	73
Tipo de estudio	73
2.2. Variables, Operacionalización	73
2.2.1. Variable independiente	73
a. definición conceptual	73
b. definición operacional	73
2.2.2. Variable dependiente	74
a. definición conceptual	74
b. definición operacional	74
2.3. Población y Muestra	77
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos,	78
2.5. Métodos de análisis de datos	79
2.6. Aspectos éticos	80
<b>III RESULTADOS</b>	
3.1. Proceso de aplicación del six sigma	82
3.1.1. Variable Independiente	83
3.1.2. Variable Dependiente	102
3.1.3. Datos después de la implementación six sigma 2015	105
3.2. Análisis de datos	114
3.2.1. Análisis Descriptivo	114
3.2.2. Análisis Inferencial	129
<b>IV DISCUSIÓN</b>	132
<b>V CONCLUSIÓN</b>	136
<b>VI RECOMENDACIONES</b>	137
<b>VII REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	140
<b>VIII ANEXOS</b>	145
8.1. Matriz de consistencia	146
8.2. Cronograma de ejecución de desarrollo de tesis	146
8.3. Validación de los instrumentos	146
8.4. Mapa de procesos	146
8.5. Informe implementación de nuevos rodamientos	153
8.6. Organigrama de la empresa minera Antamina	158



### Índice de figuras

Figura 01: Filtros Larox	06
Figura 02: Producción de cobre en el Perú últimos años	08
Figura 03: ANTAMINA, la minera más atractiva para trabajar	09
Figura 04: Filtros de presión Larox	11
Figura 05: Proceso de filtrado de concentrado de Cu.	12
Figura 06: Proceso de extracción del mineral	13
Figura 07: Embarque en el puerto Punta Lobitos	15
Figura 08: Reporte Pareto de fallas de filtros	16
Figura 09: Que es Six Sigma	24
Figura 10: Organización six sigma	28
Figura 11: Tabla six sigma	31
Figura 12: DMAIC, proceso universal de solución de problemas	34
Figura 13: Mapa de proceso SIPOC	35
Figura 14: Despliegue de la función de calidad QFD	36
Figura 15: Modelo Kano	37
Figura 16: Diagrama Matricial	38
Figura 17: Etapas del benchmarking	39
Figura 18: Diagrama de Pareto	42
Figura 19: Diagrama de Causa-Efecto	43
Figura 20: Diagrama de Árbol	44
Figura 21: Diagrama de Afinidad	45
Figura 22: Métodos de Muestreo Estadístico	46
Figura 23: Etapas de AMEF	48
Figura 24: Diagrama de Correlación	49
Figura 25: Regresión lineal Simple y lineal Múltiple	50
Figura 26: Pruebas de Hipótesis	51
Figura 27: Diseño Factorial 2K	53
Figura 28: Reglas básicas de poka yoke	55
Figura 29: Cartas de control para el proceso	57
Figura 30: Mejora continua (Kaizen)	58
Figura 31: Las 5 S's	59
Figura 32: Kanban organizativo	60

Figura 33: Otras herramientas del proceso DMAIC	61
Figura 34: Componentes de la productividad	63
Figura 35: Ejemplo cálculo de eficiencia y eficacia	65
Figura 36: Modo de falla Pareto	86
Figura 37: Diagrama causa efecto	89
Figura 38: Diagrama causa efecto cambio de rodamiento	96
Figura 39: Detalle instalación de nuevo rodamiento	99
Figura 40: Detalle d la modificación del alojamiento	100

### **Índice de gráficos**

Grafico 01: Operacionalización de la variable independiente	75
Grafico 02: Operacionalización de la variable dependiente	76
Grafico 03: Fichas de cotejo	79
Grafico 04: Cronograma de actividades	84
Grafico 05: Diagrama de flujo de proceso	85
Grafico 06: Análisis SIPOC	87
Grafico 07: Data de Disponibilidad y Utilización en el 2014	88
Grafico 08: Data de MTBF y MTTR en el 2014	90
Grafico 09: Casa de la calidad QFD	91
Grafico 10: Niveles de six sigma	93
Grafico 11: Data de DPMO Y % Equipos operativos	94
Grafico 12: Proceso de pensamiento AMEF	95
Grafico 13: Data de Confiabilidad vs % Producción confiable	101
Grafico 14: Data productividad	103
Grafico 15: Data eficiencia y eficacia	104
Grafico 16: Data Metas de producción vs % Volumen producido	105
Grafico 17: Data % disponibilidad	106
Grafico 18: Tendencia % disponibilidad	107
Grafico 19: Tendencia % utilización	107
Grafico 20: Data tiempo MTTR	108
Grafico 21: Tendencia tiempo MTTR	109
Grafico 22: Tendencia tiempo MTBF	109
Grafico 23: Data nivel six sigma	110
Grafico 24: Tendencia nivel six sigma	111
Grafico 25: Tendencia % de equipos operativos	111
Grafico 26: Data % de confiabilidad	112

Grafico 27: Tendencia % de confiabilidad	113
Grafico 28: Tendencia % de producción conforme	113
Grafico 29: Tallo hojas % de productividad	117
Grafico 30: Recta de normalidad	118
Grafico 31: Recta normal sin tendencia	118
Grafico 32: Tallo hojas % de producción	120
Grafico 33: Histogramas comparativos	121
Grafico 34: Recta de normalidad	121
Grafico 35: Recta normal sin tendencia	122
Grafico 36: Tallo hojas % de metas	124
Grafico 37: Histogramas comparativos	125
Grafico 38: Recta de normalidad	125
Grafico 39: Recta normal sin tendencia	126

### **Índic de tablas**

Tabla 01: Data pre test de indicadores productividad	114
Tabla 02: Data post test de indicadores de dimensiones 2014	115
Tabla 03: Data post test de indicadores de dimensiones 2015	115
Tabla 04: Estadística descriptiva productividad	116
Tabla 05: Estadística descriptiva eficiencia	119
Tabla 06: Estadística descriptiva eficacia	123
Tabla 07: Prueba de normalidad productividad	126
Tabla 08: Prueba de normalidad producción y metas	127
Tabla 09: Resumen estadístico productividad	128
Tabla 05: Resumen estadístico producción y metas	128
Tabla 11: Prueba de T – Student	129
Tabla 12: Prueba de T – Student	130

## Resumen

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo general: Implementar la metodología six sigma en la mejora a la productividad en el proceso de filtrado de concentrado en la Cía. Minera Antamina Huaráz, se ha realizado con la intención de demostrar que la aplicación de la metodología six sigma mejora significativamente en los costos de operación de concentrado de cobre en la compañía minera Antamina Huaraz-Perú 2016. Según Roberto Herrera / Tomás Fontalvo. (2012). SIX SIGMA, es un método de gestión de calidad combinado con herramientas estadísticas cuyo propósito es mejorar el nivel de desempeño de un proceso mediante decisiones acertadas, logrando de esta manera que la organización comprenda las necesidades de sus clientes. Según Gutiérrez y de la Vara, (2013). Productividad, se entiende como la relación entre lo producido y los medios empleados; por lo tanto, se mide mediante el cociente: resultados logrados entre recursos empleados.

Se utilizó el diseño de investigación tipo pre experimental. El tipo fue aplicado porque utilizan fundamentos y conceptos que exigen cada variable de la investigación. Para el recojo de la información se utilizó las fichas de cotejo. Los datos fueron procesados en el estadígrafo SPSS, versión 24, para obtener la prueba de normalidad y contrastación de hipótesis general y específica, alineada al problema de la investigación.

Finalmente se concluye que este estudio planteó reducir el tiempo de paradas inesperadas e incrementar la productividad de concentrado de cobre, y como la herramienta de mejora de la metodología six sigma, para ello ofrece cada una de las 5 fases de esta metodología: Definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Los resultados obtenidos para la variable dependiente fueron para la eficiencia de 90.11% a 95.84%; para la eficacia de 91.72% a 96.33%. Así mismo se logró el incremento de la productividad de 89.99% a 96.09%

***Palabras claves: proceso de filtrado de concentrado, six sigma, productividad, eficiencia, eficacia.***

## Summary

This thesis has the general objective: Implementing Six Sigma methodology to improve productivity in the filtering process concentrated in the firm. Minera Antamina Huaráz, was made with the intention to demonstrate that the application of six sigma methodology significantly improves operating costs of copper concentrate in the mining company Antamina Huaraz-Perú 2016. According to Roberto Herrera / Thomas Fontalvo. (2012). SIX SIGMA is a method of management of quality combined with statistical tools aimed at improving the performance level of a process right decisions, thus achieving the organization to understand the needs of its customers. According to Gutierrez and Vara (2013). Productivity is defined as the relationship between what is produced and the means employed; therefore, it measured by the ratio: results achieved between resources used.

Type design was used pre experimental research. The type was applied because they use fundamentals and concepts that require each variable research. For the gathering of information sheets collation was used. The data were processed in the statistician SPSS, version 24, for normality test and comparison of general and specific hypotheses, aligned to the problem of research.

This thesis, I propose to reduce the time of unexpected for improving productivity of copper concentrate stops, and as a tool for improving the methodology Six Sigma, for it provides each of the 5 phases of this methodology: Define, Measure, analyze, improve and control. The results for the dependent variable for efficiency were 90.11% to 95.84%; for effective 96.33% 91.72% to. Likewise, the increased productivity of 89.99% to 96.09% was achieved

Keywords: concentrate filtering process, six sigma, productivity, efficiency, effectiveness.