

UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA

Facultad de Ingeniería y Gestión



**MEJORA DEL PROCESO DE TOSTADO DE CONCENTRADOS
DE ZINC PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA
EMPRESA DEL SECTOR MINERO A TRAVÉS DE LA
METODOLOGÍA KAIZEN**

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Industrial

JOEMITT RAÚL PANEZ HIDALGO

Presidente: Fernando Gonzalo Villarán de la Puente

Asesor: Jorge Luis Wam Baltodano

Lector: Carlos Alberto Ramírez Briceño

Lima – Perú

Noviembre del 2021

RESUMEN

Esta tesis afronta la problemática de una refinería de zinc, el área de investigación se centra en la planta de tostación de concentrados de zinc. Tostación tiene el problema de baja productividad de 28.41 TN/100 \$ (toneladas de calcina por cada 100 \$ en recursos), no llegando a la meta de 28.78 tn/100\$. Como resultado de la evaluación de tener bajo índice de productividad se tienen las siguientes causas principales: capacidad de producción de planta restringida, baja disponibilidad de planta, no se tiene mantenimiento autónomo operacional, no hay elaboración de orden y limpieza en planta, falta inspección rutinaria de equipos y métodos de trabajo desactualizados; generando perdidas en la producción de calcina, sobrecostos de los recursos empleados. Las herramientas Kaizen utilizadas para el desarrollo de las soluciones a estos problemas fueron la implementación de oxígeno en horno, estandarización y automatización en control de hornos, mantenimiento autónomo operacional de horno, aplicación de SMED en limpieza de caldera, implementación de las 5s en planta y el control visual Andon en electrofiltros secos. Con la implementación de las mejoras se obtiene un ahorro total de \$ 2,406,029 en recursos, dando como resultado una reducción del 14% del costo de calcina externa, reducción del 58% del costo de combustible, reducción del 6% del costo de mano de obra, reducción del 30% del costo de insumos, aumento del 59% del índice de 5s en tostación y reducción del 15% del costo de reactivos. Así mismo se incrementa la producción de calcina pasando de 594,712.48 a 628,782.16 tn/año, obteniendo de esta manera un aumento en la producción de calcina de 5.7%. Mejorando el índice de productividad total de 28.41 a 28.89 TN/100\$, alcanzando y mejorando al estándar interno del área de 28.78 tn/100\$, donde fue necesaria la inversión total de \$ 741,147.00 para todas las mejoras contempladas. Con los resultados contemplados se demuestran que las herramientas Kaizen son de mucha utilidad para mejorar la productividad del área de tostación.

Palabras clave: Tostación, Herramientas Kaizen, Estandarización, Productividad.

ABSTRACT

This thesis addresses the problem of a zinc refinery, the research area focuses on the zinc concentrates roasting plant. Roasting has the low productivity problem of 28.41 TN / 100 \$ (tons of calcine for every 100 \$ in resources), not reaching the goal of 28.78 tons / 100 \$. As a result of the evaluation of having a low productivity index, there are the following main causes: restricted plant production capacity, low plant availability, there is no autonomous operational maintenance, there is no preparation of order and cleaning in the plant, lack of routine inspection of outdated equipment and work methods; generating losses in the production of calcine, cost overruns of the resources used. The Kaizen tools used for the development of solutions to these problems were the implementation of oxygen in the furnace, standardization and automation in furnace control, autonomous operational maintenance of the furnace, application of SMED in boiler cleaning, implementation of the 5s in the plant and visual control Andon on dry electrofilters. With the implementation of the improvements, a total saving of \$ 2,406,029 in resources is obtained, resulting in a 14% reduction in the cost of external calcine, a 58% reduction in the cost of fuel, and a 6% reduction in the cost of labor., a 30% reduction in the cost of inputs, a 59% increase in the 5s rate in roasting and a 15% reduction in the cost of reagents. Likewise, calcine production increases from 594,712.48 to 628,782.16 tons / year, thus obtaining an increase in calcine production of 5.7%. Improving the total productivity index from 28.41 to 28.89 TN / 100 \$, reaching and improving the internal standard of the area of 28.78 tons / 100 \$, where a total investment of \$ 741,147.00 was necessary for all the improvements contemplated. With the results contemplated, it is shown that Kaizen tools are very useful to improve the productivity of the roasting area.

Keywords: Roasting, Kaizen Tools, Standardization, Productivity.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	22
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.1 ANTECEDENTES.....	26
1.2 DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	28
1.3 IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS.....	31
1.3.1 Causa 1: Capacidad de producción de planta 25 limitada.....	35
1.3.2 Causa 2: Baja disponibilidad de planta	46
1.3.3 Causa 3: No hay mantenimiento autónomo operacional.....	50
1.3.4 Causa 4: Métodos de trabajo desactualizados	56
1.3.5 Causa 5: No hay elaboración de orden y limpieza en planta.....	59
1.3.6 Causa 6: Falta inspección rutinaria de equipos	63
1.3.7 Resumen de identificación de causas de baja productividad.....	67
1.3.8 Indicadores impactados por los problemas detectados.....	69
1.3.9 Resumen de costos asociados a los problemas identificados	70
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	71
1.4.1 Problema General	71
1.4.2 Problemas Específicos.....	71
1.5 JUSTIFICACIÓN	71
1.5.1 Justificación teórica	71
1.5.2 Justificación práctica	72
1.5.3 Justificación social.....	73
1.5.4 Alcance de la investigación	73
1.5.5 Viabilidad del estudio.....	73
1.6 OBJETIVOS	73

1.6.1	Objetivo General	73
1.6.2	Objetivos Específicos	73
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO		75
2.1	MARCO CONCEPTUAL.....	75
2.1.1	Antecedentes internacionales	75
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	76
2.2	ESTADO DEL ARTE.....	77
2.3	PROCESO DE TOSTADO DE CONCENTRADOS DE ZINC.....	87
2.4	PRODUCTIVIDAD	88
2.5	SISTEMA DE MEJORAMIENTO CONTINUO KAIZEN.	89
CAPITULO III: SITUACIÓN ACTUAL		91
3.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	91
3.1.1	Visión	92
3.1.2	Misión.....	93
3.1.3	Descripción de productos	93
3.1.4	Sector minero.....	96
3.1.5	Proceso productivo de la empresa	99
3.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TOSTACIÓN	114
3.2.1	Equipos de proceso de Tostación	116
3.2.2	Exposición del proceso.....	118
3.2.3	Indicadores de Producción Tostación.....	129
3.3	ANTECEDENTES TÉCNICOS DE INGENIERÍA	137
3.3.1	Diagrama Bom del proceso de tostación	137
3.3.2	Diagrama de bloques	139
3.3.3	Diagrama de operaciones del proceso DOP	141
3.3.4	Diagrama de análisis del proceso de tostación DAP	142
3.3.5	Diagrama de flujo	143
3.3.6	Flujograma de proceso de tostación	144
3.3.7	Balance de materia de proceso de tostación	146
3.3.8	Cálculo de productividad actual	147
3.3.9	Cálculo de eficiencias.....	150
CAPITULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO		151

4.1	PORTAFOLIO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	151
4.1.1	Lean Manufacturing	151
4.1.2	Seis Sigma	152
4.1.3	Kaizen.....	154
4.2	CRITERIOS DE VALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	157
4.3	DETERMINACIÓN DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN	162
4.4	DESARROLLO DE METODOLOGÍA KAIZEN	166
CAPITULO V: DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE SOLUCIÓN.....		170
5.1	IMPLEMENTACIÓN DE OXÍGENO EN HORNO.....	170
5.2	ESTANDARIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN EN CONTROL DE HORNOS	174
5.3	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO OPERACIONAL DE HORNO.....	190
5.4	APLICACIÓN DE SMED	198
5.5	IMPLEMENTACIÓN DE LAS 5S.....	207
5.6	CONTROL VISUAL ANDON	226
5.7	RESUMEN DE AHORRO DE COSTOS POR IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS	232
5.8	DESARROLLO TÉCNICO DE INGENIERÍA.....	233
5.8.1	Diagrama Bom del proceso de tostación	233
5.8.2	Diagrama de bloques	235
5.8.3	Diagrama de operaciones del proceso DOP	237
5.8.4	Diagrama de análisis del proceso de tostación DAP	238
5.8.5	Diagrama de flujo	240
5.8.6	Flujograma de proceso de tostación	241
5.8.7	Balance de materia de proceso de tostación	242
5.8.8	Cálculo de productividad.....	244
5.8.9	Cálculo de eficiencias	248
CAPITULO VI: ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO		250
6.1	COSTO DE INVERSIÓN INICIAL	250
6.2	WACC.....	256
6.3	RESULTADOS.....	257
6.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	259
CONCLUSIONES.....		260

RECOMENDACIONES.....	262
BIBLIOGRAFÍA.....	263
ANEXOS.....	265

