



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Laureate International Universities

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN
MANUFACTURING PARA INCREMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DE PROCESAMIENTO DE MINERAL
EN LA PLANTA DE CHANCADO SECUNDARIO DE LA
MINA LAGUNAS NORTE - BARRICK.**

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

**AUTOR:
Bach. EDWIN GERMAÍN DÍAZ ROLDÁN**

**ASESOR:
Ing. Carlos Flores Lezama**

**TRUJILLO – PERÚ
2012**

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
EPÍGRAFE.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE ABREVIACIONES.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
CAPITULO 1.....	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Justificación.....	3
1.6 Tipo de Investigación.....	4
1.6.1 Por la orientación.....	4
1.7 Diseño de la Investigación.....	4
1.7.1 Descripción y análisis del problema.....	4
1.7.2 Incidencia e impacto de los problemas.....	5
1.7.3 Propuestas de solución.....	5
1.7.4 Desarrollo de soluciones.....	5
1.7.5 Estandarización de buenas prácticas.....	6
1.8 Variables.....	6

1.8.1 Variable Independiente.....	6
1.8.2 Variable Dependiente.....	6
1.9 Operacionalización de variables.....	6
CAPITULO 2.....	8
MARCO REFERENCIAL.....	8
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	9
2.1.1 Nacional.....	9
2.1.2 Internacional.....	10
2.2 Base Teórica.....	11
2.2.1 Origen de la filosofía Lean Manufacturing.....	11
2.2.2 El concepto de Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta..	12
2.2.3 Herramientas del Lean Manufacturing a utilizar.....	13
2.2.3.1 Orden y Limpieza “Las 5’s”.....	13
2.2.3.2 El Método de Cambios Rápidos “SMED”.....	26
2.2.3.3 Poka Yoke - Mistake Proofing.....	37
2.2.4 Proceso Productive.....	43
2.2.4.1 Clasificación de los Productos según el flujo del Producto.....	44
2.2.4.2 Actividades Básicas de los Proyectos y Objetivos de Mejora.....	48
2.3 Definición de Términos.....	52
CAPITULO 3.....	55
DIAGNOSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL.....	55
3.1 Descripción general de la empresa.....	56
3.1.1 Barrick en el mundo.....	56
3.1.2 La Cultura Barrick.....	57
3.1.3 Visión y Valores.....	58
3.1.4 Misión.....	59
3.1.5 Barrick en el Perú.....	60
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto del análisis.....	69
3.2.1 Chancado Primario y Secundario.....	69
3.2.2 Etapas del proceso de Chancado y Carga de Camiones.....	71

3.2.3 Equipos asociados al proceso de Chancado Primario y Secundario.....	77
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales.....	97
3.3.1 Identificación de los problemas más significativos que Afectan la productividad.....	98
3.3.2 Indicadores para Limpieza de Metal.....	102
3.3.3 Indicadores para Limpieza para PM.....	103
3.3.4 Indicador común.....	103
CAPITULO 4.....	104
SOLUCIÓN PROPUESTA.....	104
4.1 Propuesta de mejora para reducir la Limpieza de Metal.....	105
4.1.1 Propuesta de mejora para reducir el # de Eventos de Metal.....	105
4.1.1.1 Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing,..	107
4.1.2 Propuesta de mejora para reducir el Tiempo que utilizan los operadores en retirar los metales.....	113
4.2 Propuesta de mejora para reducir el Tiempo de Limpieza del Dump Pocket en preparación para un PM.....	116
4.2.1 Limpieza del Dump Pocket antes del SMED.....	116
4.2.2 Aplicación de Herramientas Lean Manufacturing.....	118
CAPITULO 5.....	129
EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA.....	129
5.1 Calculo del Valor por Hora de Chancado.....	130
5.2 Análisis del resultado de las mejoras.....	131
5.2.1 Limpieza de metal.....	131
5.2.2 Limpieza de Dump Pocket.....	132
5.2.3 Toneladas Procesadas por mes.....	133
5.2.4 Suma de beneficios.....	133
5.3 Costos de Inversión.....	133
5.4 Análisis Financiero.....	135
CAPITULO 6.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
6.1 Conclusiones.....	137
6.2 Recomendaciones.....	137
Bibliografía.....	138
Anexos.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Implementación SEIRI.....	14
Figura 2. Implementación SEITON.....	16
Figura 3. Implementación SEISO.....	20
Figura 4. Implementación SEIKETSU.....	22
Figura 5. Implementación SHITSUKE.....	24
Figura 6. Etapas del tiempo de un cambio.....	27
Figura 7. Distribución del tiempo de un cambio.....	28
Figura 8. Distribución típica de las horas de un equipo.....	30
Figura 9. Ejemplos de Poka Yokes.....	38
Figura 10. Estados de aplicación de las técnicas Poka Yoke.....	39
Figura 11. Tres reglas de oro del Poka Yoke.....	42
Figura 12. Flujo de un Proceso Lineal.....	46
Figura 13. Flujo de un Proceso Intermitente.....	46
Figura 14. Flujo de un Proceso por Proyecto.....	48
Figura 15. Operaciones de Barrick en el mundo.....	56
Figura 16. Visión y Valores de Barrick.....	58
Figura 17. Ubicación geográfica de Lagunas Norte.....	60
Figura 18. Ubicación del tajo de Lagunas Norte.....	61
Figura 19. Operaciones Mina.....	62
Figura 20. Etapas de la reducción de tamaño del mineral.....	70
Figura 21. Descarga de mineral en el Dump Pocket.....	73
Figura 22. Chancadora giratoria, chancando el mineral.....	73
Figura 23. Apilamiento en el Stock pile.....	73
Figura 24. Tolva Ore Bin.....	76
Figura 25. Carga de camiones.....	76

Figura 26. Movimiento de la chancadora giratoria.....	78
Figura 27. Componentes de la chancadora giratoria.....	79
Figura 28. Rompedor de rocas.....	80
Figura 29. Acción del rompedor de rocas.....	81
Figura 30. Apron feeder.....	82
Figura 31. Faja transportadora.....	84
Figura 32. Faja transportadora típica.....	85
Figura 33. Faja magnética.....	86
Figura 34. Operación de la faja magnética.....	87
Figura 35. Detector de metales.....	88
Figura 36. Operación del detector de metales.....	89
Figura 37. Principio de operación y partes de la balanza de faja.....	90
Figura 38. Alimentador vibratorio.....	91
Figura 39. Deck superior e inferior de la zaranda.....	92
Figura 40. Zaranda vibratoria de doble deck.....	93
Figura 41. Chancadora cónica.....	94
Figura 42. Operación de la chancadora cónica.....	95
Figura 43. PI System.....	99
Figura 44. Diagrama Ishikawa.....	107
Figura 45. Componentes de metal.....	109
Figura 46. Planchas de acero Ni hard.....	110
Figura 47. Planchas de acero hadfield.....	110
Figura 48. Dump pocket antes y después de la limpieza.....	116
Figura 49. Programa de Mantenimiento Programado.....	118
Figura 50. Ejercicio para definir actividades internas y externas.....	123

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 01: Diagrama de flujo simplificado de Operaciones Mina.....	62
Diagrama 02: Diagrama de flujo general de la Planta de Procesos.....	64
Diagrama 03: Diagrama de flujo general del área Chancado – Ore Bin.....	66
Diagrama 04: Diagrama de flujo de Lixiviación en Pilas.....	67
Diagrama 05: Diagrama de flujo de la Planta Merrill Crowe.....	68
Diagrama 06: Diagrama de flujo de las Etapas del Proceso de Chancado.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2: Ejemplos de Tipos de Errores.....	41
Tabla 3: Actividades Básicas de los Procesos.....	49
Tabla 4: Lista de Equipos principales del Circuito de Chancado.....	96
Tabla 5: Lista de los Principales Motivos de Parada del Circuito de Chancado..	100
Tabla 6: Principales causas del Nivel Bajo del Stock Pile.....	101
Tabla 7: Eventos de paradas por metales.....	102
Tabla 8: Horas de Limpieza del Dump Pocket.....	103
Tabla 9: Toneladas de mineral chancado.....	103
Tabla 10: Registro de Tiempos SMED Limpieza Dump Pocket.....	122
Tabla 11: Análisis de las actividades Internas y Externas.....	123
Tabla 12: Convertir actividades Internas en Externas.....	124
Tabla 13: Cálculo del valor por hora de chancado.....	130
Tabla 14: Tiempo de parada por limpieza de metal 2012.....	131
Tabla 15: Comparación limpieza de metal 2012 - 2011.....	131
Tabla 16: Impacto económico anual.....	131
Tabla 17: Nuevo tiempo de limpieza anual.....	132
Tabla 18: Comparación de limpieza Dump Pocket 2012 – 2011.....	132
Tabla 19: Impacto económico anual.....	132
Tabla 20: Toneladas procesadas por mes.....	132
Tabla 21: Suma de beneficios.....	133
Tabla 22: Costo de Inversión.....	134
Tabla 23: Análisis Financiero.....	135

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general el aplicar herramientas del Lean Manufacturing, para eliminar desperdicios en la planta de chancado secundario de la mina Lagunas Norte, perteneciente a la Corporación Barrick Gold. La eliminación de estos desperdicios nos permitirá aumentar la productividad de procesamiento de mineral, haciendo el proceso productivo más esbelto, seguro y con menores costos. Un análisis de la situación actual nos permite identificar algunas actividades en las cuales había oportunidades de mejora. Estas oportunidades consisten básicamente en optimizar procesos, eliminar algunas actividades innecesarias, estandarizar actividades, es decir, crear una metodología estándar de trabajo.

Se definió, que las herramientas más adecuadas del Lean Manufacturing que podrían ayudar a corregir estas desviaciones serían: SMED, 5's y Poka Yoke.

Como resultado de esta investigación, se obtiene que aplicando estas herramientas Lean Manufacturing se logrará:

- Incrementar las toneladas de mineral procesadas por mes.
- Reducir el tiempo en HH que se dedican a retirar metales de las fajas o en actividades de limpieza en preparación de la planta para un PM.
- Reducir el tiempo de paradas de producción, debido a las limpiezas y retiros de metales en las fajas.

Como resultado del presente trabajo, se logró:

- Incrementar las toneladas de mineral procesadas por mes:
De un promedio de 1,602,530 Ton en el 2011 a 1,631,104 Ton en el 2012.
- Reducir el tiempo de limpieza en preparación de la planta para un PM:
De un promedio de 4.47 hrs/mes en el 2011 a 2.92 hrs/mes en el 2012.
- Reducir el tiempo de retiro de metales:
De un promedio de 4.69 hrs/mes en el 2011 a 1.66 hrs/mes en el 2012.
- Esto significa un ahorro para la empresa de US\$ 1,464,843 al año.

ABSTRACT

The present investigation has as general objective, to apply Lean Manufacturing Tools, in order to eliminate wastes in the Secondary Crusher plant of Lagunas Norte mine, belonging to the Corporation Barrick Gold. The elimination of these wastes will allow us to increase the productivity of processing mineral, reaching a lean and sure productive process and with lower costs. An analysis of the current situation allows us to identify some activities in which there were opportunities of improvement. These opportunities consist basically on optimizing processes, eliminating some unnecessary activities, standardizing activities, it means, to create a standard methodology of work.

It was defined, that the most indicated tools of Lean Manufacturing which could help to correct these diversions would be: SMED, 5's and Poka Yoke.

As result of this investigation, we can say that applying these tools, it will be achieved:

- To increase the Tons of processed mineral per month.
- To reduce the time in HH, used on pick up metals from conveyors or in activities of take out mineral from dump pocket, in order to prepare the plant for a PM.
- To reduce the time of production stops, due to the activities of take out mineral from dump pocket and pick up metals from conveyors.

As result of the present work, it was achieved:

- To increase the Tons of processed mineral per month:
Of an average of 1,602,530 Ton in 2011 to 1,631,104 Ton in 2012.
- To reduce the time used on takes out mineral from dump pocket, in order to prepare the plant for a PM.
Of an average of 4.47 hrs/month in 2011 to 2.92 hrs/month in 2012.
- To reduce the time used on pick up metals from conveyors:
Of an average of 4.69 hrs/month in 2011 to 1.66 hrs/month in 2012.
- It means US\$ 1,464,843 of savings for the company per year.

NOTA DE ACCESO

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales



Bibliografía

- Barrick Gold Corporation. **Método de Solución de Problemas.**
- Barrick Gold Corporation. **Manual de Mejora Continua.**
- Carnaud Metal Box, **Módulo de formación SMED Workshop.** (Versión 1.0 Inglaterra: editado por Carnaud Metal Box, 1996).
- Asociación de la Industria Navarra. **SMED.** Rev. 0, España, Noviembre 2003.
- Corporación Autónoma regional de Santander, **Manual de Implementación Programa 5´s.** (Versión 1:0).
- Feld William M. Lean **Manufacturing: Tools, Techniques and how to use Them.** New York: Santa Lucie, 2002.