

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes generales	1
1.1.1. Anglo American	1
1.1.2. El Soldado	1
1.2. Motivación	3
1.3. Objetivo general	4
1.4. Objetivos específicos	4
1.5. Alcances	4
2. Antecedentes específicos	5
2.1. Depósitos de relaves	5
2.1.1. Tipos de Depósitos de Relaves	5
2.1.1.1. Tranque de Relaves	5
2.1.2. Tipos de construcción Tranque de Relaves	6
2.1.3. Partes de un Depósito de Relaves	6
2.2. Tranque de Relaves El Torito - El Soldado	8
2.2.1. Crecimiento del Tranque	9
2.2.2. Descripción general de Obras	10
2.2.2.1. Muro	10
2.2.2.2. Diagrama de flujo Tranque El Torito	10
2.2.2.3. Sistema de selección, transporte y distribución de relaves	11
2.3. Sistemas de Impulsión de Arenas	12
2.3.1. Sistema Ash	12
2.3.1.1. Datos técnicos	12
2.3.1.2. Funcionamiento	13
2.3.2. Sistema Abel	14
2.3.2.1. Datos técnicos	14
2.3.2.2. Funcionamiento	16
2.3.3. Sistema Curve	17
2.4. Indicadores operacionales	18
2.5. Indicadores de mantenimiento	18
2.5.1. Análisis de Pareto	18

2.5.2.	Mean Time to Repair [MTTR]	19
2.5.3.	Mean Time Between Failure [MTBF]	20
2.6.	Detector de anomalías	20
2.6.1.	Preprocesamiento	21
2.6.1.1.	Análisis de Componentes Principales [PCA]	23
2.6.2.	Modelos	24
2.6.2.1.	Autoencoder	24
2.6.2.2.	Redes neuronales recurrentes convencionales [RNN]	25
2.6.2.3.	Redes LSTM	26
2.6.2.4.	Función de activación	26
2.6.2.5.	Curva ROC	28
2.6.2.6.	Matriz de confusión	29
2.7.	Evaluación económica	29
2.7.1.	Costo de kilotonelada de arena	30
2.7.2.	Costo por día de trabajo	30
2.7.3.	Costo mensual de funcionamiento	31
2.7.4.	Desglose costo por kilotonelada	31
2.7.5.	Periodo de retorno de la inversión [PRI]	31
2.7.6.	Valor actual neto [VAN]	32
2.7.7.	Tasa interna de retorno [TIR]	32
3.	Metodología	33
3.1.	Recopilación de información	33
3.1.1.	Levantamiento de detenciones y fallas	33
3.1.2.	Extracción data PI	35
3.2.	Caracterización del estado actual	36
3.3.	Análisis e identificación de puntos críticos de la operación	36
3.3.1.	Detección de anomalías	36
3.4.	Selección de oportunidades de mejoras técnicas	38
3.5.	Evaluación técnico-económica de las propuestas de mejora	38
4.	Resultados	40
4.1.	Estado operacional	40
4.1.1.	Sistema Ash	43
4.1.2.	Sistema Abel	44
4.2.	Estado de mantenimiento	46
4.2.1.	Sistema Ash	46
4.2.1.1.	Análisis de pareto	48
4.2.1.2.	Indicadores de mantenimiento	53
4.2.2.	Sistema Abel	56
4.2.2.1.	Análisis de pareto	58
4.2.2.2.	Indicadores de mantenimiento	62

4.3.	Detector de anomalías	64
4.3.1.	Detector de anomalías - Bombas Ash	65
4.3.1.1.	Preprocesamiento	65
4.3.1.2.	Diagnóstico	66
4.3.1.3.	Pronóstico	69
4.3.2.	Detector de anomalías - Bombas Abel	71
4.3.2.1.	Preprocesamiento	71
4.3.2.2.	Diagnóstico	75
4.3.2.3.	Pronóstico	77
4.4.	Mejoras técnicas	80
4.4.1.	Mejoras técnicas Sistema Ash	80
4.4.1.1.	Aumento de disponibilidad de equipos	82
4.4.1.2.	Aumento de monitoreo en parámetros operacionales	83
4.4.2.	Mejoras técnicas Sistema Abel	84
4.5.	Evaluación económica	86
4.5.1.	Gasto anual 2021	86
4.5.2.	Beneficios	89
4.5.2.1.	Beneficios mejoras técnicas - Bombas Ash	89
4.5.2.2.	Beneficios mejoras técnicas - Bombas Abel	90
4.5.3.	Costos	90
4.5.4.	Proyecto de inversión	90
5.	Conclusiones	93
	Bibliografía	95
	Anexos	98
A.	Plano muro Tranque de Relaves	98
A.1.	Nudos de descarga	99
B.	Indicadores de Mantenimiento	100
B.1.	Detenciones por mes Bombas Ash.	101
B.2.	Detenciones por mes Bombas Abel.	102
B.3.	Indicadores mensuales Bombas Ash.	103
B.4.	Indicadores mensuales Bombas Abel.	104