

Tabla de Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMÁTICA.....	2
3. MOTIVACIÓN.....	2
4. OBJETIVOS Y ALCANCES	3
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
4.3. ALCANCES.....	3
5. MARCO TEÓRICO.....	5
5.1. OPERACIONES UNITARIAS.....	5
5.1.1 CARGUÍO	5
5.1.2 TRANSPORTE	5
5.2. NORMA ASARCO	6
5.3. INDICES OPERACIONALES DE GESTIÓN	7
5.4. CARGUÍO TRADICIONAL Y DINÁMICO	8
5.4.1. CARGUÍO TRADICIONAL	8
5.4.2 CARGUÍO DINÁMICO	8
5.5. KPI DE CARGA EN LA TOLVA.....	9
5.5.1. RACK.....	9
5.5.2 ROLL.....	10
5.5.3 PITCH	10
5.6. ESTRUCTURA DE LA CARGA.....	11
5.7. UTILIZACIÓN EFECTIVA.....	12
5.8. DEEP LEARNING.....	12
5.8.1 TIPOS DE APRENDIZAJE EN MACHINE LEARNING.....	12
5.8.2 UNDERFITTING y OVERFITTING	14
5.8.3 VALIDACION.....	17
5.8.4 VALIDACIÓN ESTÁTICA	17
5.8.5 VALIDACIÓN DINÁMICA.....	18
5.9 REDES NEURONALES ARTIFICIALES	19
5.9.1 PERCEPTRÓN MULTICAPA.....	19
5.9.2 REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES	21
5.9.3 REDES NEURONALES RECURRENTE	24
5.9.4. FUNCIÓN DE COSTO	26

5.9.5	MÉTODO DEL DESCENSO DEL GRADIENTE	26
5.9.6	FORWARD PROPAGATION Y BACKPROPAGATION	28
5.9.7.	BATCH y EPOCH	28
5.9.8.	MATRIZ DE CONFUSIÓN	29
6.	METODOLOGÍA.....	32
6.1.	CASO BASE.....	32
6.2.	CASO PROPUESTO	32
6.3.	SIMULACIÓN DE CIRCUITO DE TRANSPORTE DE MINERAL.....	32
6.3.1.	DESCRIPCIÓN.....	32
6.3.2	ELEMENTOS DE SIMULACIÓN.....	33
6.3.3.	PARÁMETROS	34
6.3.4	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	37
6.3.5	FÓRMULAS DE CÁLCULO	38
6.4	DEEP LEARNING.....	41
6.4.1.	DATASET	41
6.4.2.	PROBLEMÁTICA.....	43
6.4.4.	DETERMINACIÓN DE LAS FUNCIONES DE ACTIVACIÓN	43
6.4.5.	SELECCIÓN DE FUNCION DE COSTO Y MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN	48
6.4.6.	DETERMINACIÓN DE LA RED NEURONAL.....	48
6.5.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	50
6.5.1.	DESCRIPCIÓN Y PARÁMETROS A UTILIZAR.....	50
6.5.2.	PRECIO DEL CU	51
6.5.3.	PRECIO DE PETROLEO.....	51
6.5.4.	COSTO DE MANTENCIÓN	52
6.5.5.	COSTO DE NEUMÁTICOS	52
6.5.6.	VALORES DE INCREMENTOS DE COSTOS	52
7.	RESULTADOS	54
7.1.	SIMULACIÓN.....	54
7.1.1	CASO BASE (SIN DERRAMES).....	54
7.1.2	CASO 1 DERRAME POR CICLO DE FLOTA (CADA 10 CAMIONES).....	54
7.1.3.	CASO 2 DERRAMES POR CICLO DE FLOTA EN UNA MISMA ESTACIÓN	60
7.1.4	CASO 2 DERRAMES POR CICLO DE FLOTA EN DISTINTOS LUGARES.....	65
7.2.	DEEP LEARNING.....	75
7.2.1.	DETERMINACIÓN RED DE PREDICCIÓN DE DERRAMES.....	75
7.2.2.	RED NEURONAL DE PREDICCIÓN DE DAÑO	78
7.3.	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	80

7.3.1 RESULTADOS CASO BASE	80
7.3.2. RESULTADOS PARA PEOR CASO	82
7.3.3. RESULTADOS PEOR CASO, INCREMENTOS AL 70%	83
7.3.4 RESULTADOS PEOR CASO, PRECIO DEL COBRE 1 USD/lb	84
8. ANÁLISIS	85
8.1. ANÁLISIS DE SIMULACIÓN	85
8.2. DEEP LEARNING	93
8.2.1. ANÁLISIS DE PREDICTIBILIDAD DE DERRAME CON 1 CAPA OCULTA	93
8.2.2 ANÁLISIS DE PREDICTIBILIDAD DE DERRAME CON 2 CAPAS OCULTAS	95
8.2.3. ANÁLISIS DE PREDICTIBILIDAD DE DERRAME CON 3 CAPAS OCULTAS	97
8.2.4. ANÁLISIS DE PREDICTIBILIDAD DE DAÑO CON 1 CAPA OCULTA	100
8.2.5. ANÁLISIS DE PREDICTIBILIDAD DE DAÑO CON 2 CAPAS OCULTAS	103
8.3. ANÁLISIS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	105
9. CONCLUSIONES	107
10. TRABAJOS FUTUROS	109
11. BIBLIOGRAFÍA	111