

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Motivación .....	1
1.2	Objetivo general .....	3
1.3	Objetivos específicos .....	3
1.4	Alcances .....	3
<b>2</b>	<b>Antecedentes.....</b>	<b>4</b>
2.1	Material Particulado .....	4
2.2	Fuentes de emisión de material particulado en la operación minera a cielo abierto ....	5
2.3	Efectos de tener material particulado en suspensión .....	7
2.3.1	Efectos en la salud.....	7
2.3.2	Efectos en la operación .....	8
2.3.3	Efectos en infraestructura .....	9
2.4	Normativas de seguridad respecto del material particulado.....	9
2.5	Movimiento de material particulado en el aire .....	10
2.5.1	Temperatura, Humedad e Inversión Térmica .....	10
2.5.2	Movimiento Browniano .....	12
2.5.3	El viento y su efecto en el polvo en suspensión .....	13
<b>3</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>15</b>
3.1	Definición de Variables Significativas .....	15
3.2	Análisis de Fuentes de Emisión de Material Particulado .....	15
3.3	Monitoreo de Variables .....	15
3.3.1	Humedad relativa y temperatura ambiental.....	17
3.3.2	Material particulado en suspensión .....	17
3.3.3	Velocidades CAEX .....	18
3.4	Análisis de datos.....	18
3.5	Machine Learning o Aprendizaje Automático .....	19
3.5.1	Partes del Aprendizaje Automático.....	19
3.5.2	Sistemas de Machine Learning Disponibles .....	20
3.5.3	Simulación de datos .....	21
3.6	Análisis de relaciones encontradas .....	22
<b>4</b>	<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>24</b>
4.1	Mediciones y Análisis.....	24
<b>5</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>36</b>
5.1	Recolección de Antecedentes .....	36
5.2	Mediciones .....	36
5.3	Procesamiento de Datos .....	37

5.4	Resultados .....	37
<b>6</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>39</b>
6.1	Mediciones y estudios .....	39
6.2	Supresión de Material Particulado en Suspensión.....	39
<b>7</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>42</b>
8.1	Faena en estudio .....	42
8.2	Valores de Z para pruebas de hipótesis .....	44

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Comparación del tamaño de un cabello humano y de un grano de arena fina de playa con partículas PM1, PM2.5 Y PM10.....	5
Ilustración 2: Esquema de actividades generadoras de material particulado en suspensión en operaciones rajo abierto. ....	6
Ilustración 3: Perfil de temperatura del aire en un día común. ....	11
Ilustración 4: Perfil de temperatura del aire en noches de inversión térmica. ....	12
Ilustración 5: Movimiento Browniano de distintas partículas diferenciadas por color.....	13
Ilustración 6: Modos de transporte aéreo de material particulado. ....	14
Ilustración 7: Esquema de metodología general de trabajo.....	15
Ilustración 8: Diagrama representativo de distribución de equipos de monitoreo. ....	16
Ilustración 9: Diseño de sistema de medición y almacenamiento de datos. ....	16
Ilustración 10: Rango operacional del sensor para humedad y temperatura.....	17
Ilustración 11: Esquema de operación de Aprendizaje Automático. ....	19
Ilustración 12: Gráfico prueba de hipótesis.....	22
Ilustración 13: Mediciones de material particulado en suspensión en función de la hora del día. ....	24
Ilustración 14: Mediciones de PM1 en suspensión en función de la hora del día.....	25
Ilustración 15: Mediciones de PM2.5 en suspensión en función de la hora del día.....	25
Ilustración 16: Mediciones de PM10 en suspensión en función de la hora del día.....	26
Ilustración 17: Mediciones de la temperatura ambiental en función de la hora del día. ....	27
Ilustración 18: Mediciones de la humedad relativa en función de la hora del día. ....	28
Ilustración 19: Región de aceptación y rechazo para $H_1$ de tipo mayor que.....	31
Ilustración 20: Región de aceptación y rechazo para $H_1$ de tipo menor que.....	35
Ilustración 21: Ubicación de faena Minera Escondida.....	42
Ilustración 22: Vista aérea rajo Escondida.....	42
Ilustración 23: Vista aérea rajo Escondida Norte.....	43
Ilustración 24: Diagrama de proceso productivo de Minera Escondida. ....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características operacionales de sensores.....	17
Tabla 2: Comparación de Sistemas de Aprendizaje Automático Disponibles.....	20
Tabla 3: Tabla comparativa de velocidades CAEX según turno y condición de carguío....	29
Tabla 4: Tabla comparativa de velocidades CAEX según concentración de Material Particulado en Suspensión (MPS).....	32
Tabla 5: Tabla comparativa de velocidades CAEX del turno día, según concentración de MPS.....	34

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Hipótesis de comparación de medias turno día vs runo noche. ....	30
Ecuación 2: Prueba Z de diferencia de medias. ....	31
Ecuación 3: Prueba Z de comparación turno día vs noche, CAEX cargados. ....	31
Ecuación 4: Prueba Z de comparación turno día vs noche, CAEX descargados. ....	31
Ecuación 5: Hipótesis de comparación de velocidades medias con alto MPS y bajo MPS. 33	
Ecuación 6: Prueba Z de comparación bajo MPS vs alto MPS, CAEX cargados. ....	33
Ecuación 7: Prueba Z de comparación bajo MPS vs alto MPS, CAEX descargados.....	33
Ecuación 8: Hipótesis de comparación de velocidades medias 08-11 hrs y 11-20 hrs.....	35
Ecuación 9: Prueba Z de comparación 08-11 hrs u 11-20 hrs, CAEX cargados. ....	35
Ecuación 10: Prueba Z de comparación 08-11 hrs u 11-20 hrs, CAEX cargados.....	35