

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	8
1.1. Antecedentes generales .....	8
1.1.1. Sistema de Transporte de Pulpas por Tuberías (STP) .....	8
1.1.2. Caracterización de las pulpas mineras.....	9
1.2. Motivación .....	10
1.3. Objetivos y alcances .....	11
1.3.1. Objetivo general .....	11
1.3.2. Objetivos específicos .....	11
1.3.3. Alcances.....	11
2. Metodología .....	12
2.1. Revisión bibliográfica y recopilación de antecedentes.....	12
2.2. Correlación entre las variaciones de la concentración y el perfil .....	12
2.2.1. Concentración punto bajo.....	12
2.2.2. Pendientes .....	12
2.2.3. Diámetro interno de la tubería .....	13
2.2.4. Concentración de sólidos media antes de la detención.....	13
2.2.5. Tiempo de detención .....	13
2.2.6. Gravedad específica del sólido .....	13
2.2.7. Ángulo de reposo.....	13
2.2.8. Granulometría.....	14
2.2.9. Reología.....	14
2.3. Evaluación y análisis de resultados .....	14
2.4. Definición del predictor .....	14
2.5. Evaluación de efecto de dispersión de la concentración máxima.....	14
2.6. Concentración máxima de empaquetamiento .....	16
3. Descripción de los concentrados de hierro analizados .....	17
3.1. Hy-Grade Pellets de India (HGP) .....	17
3.1.1. Descripción general del sistema HGP .....	17
3.1.2. Característica del concentrado de hierro HGP .....	18
3.2. Da Hong Shan de China (DHS).....	20
3.2.1. Descripción general del sistema DHS .....	20
3.2.2. Característica del concentrado de hierro DHS .....	22
3.3. Minera Hierro Atacama (MHA) .....	22
3.3.1. Descripción general del sistema MHA.....	23

3.3.2.	Característica del concentrado de hierro MHA .....	24
3.4.	Samarco de Brasil (SAM).....	25
3.4.1.	Descripción general del sistema SAM .....	25
3.4.2.	Característica del concentrado de hierro SAM.....	26
3.5.	Resumen de principales características de los mineroductos analizados.....	29
4.	Procesamiento de Datos de las detenciones .....	30
4.1.	Hy-Grade Pellets de India (HGP) .....	30
4.2.	Da Hong Shan de China (DHS).....	32
4.3.	Minera Hierro Atacama (MHA) .....	35
4.4.	Samarco de Brasil (SAM).....	36
5.	Desarrollo de Predictor.....	38
5.1.	Análisis dimensional.....	38
5.2.	Resultados .....	40
6.	Aplicación de Predictor.....	42
6.1.	Estimación de tiempo máximo de detención mineroductos .....	42
6.1.1.	Tiempo máximo de detención mineroductos HGP, DHS y MHA .....	42
6.1.2.	Tiempo máximo de detención mineroducto SAM .....	44
6.2.	Análisis de sensibilidad resultados SAM.....	46
6.3.	Análisis de sensibilidad de la pendiente para una conducción .....	48
6.4.	Análisis de sensibilidad de la concentración para una conducción típica .....	49
7.	Discusión.....	51
8.	Conclusiones .....	53
9.	Bibliografía.....	54
	Anexos A. Lista de Datos Puntos Bajos .....	56
	Anexo B: Gráficos Resultados Análisis de Sensibilidad.....	57

## Índice de tablas

Tabla 1-1: Principales características de pulpas transportadas por tuberías a largas distancias.....	9
Tabla 3-1 Distribución de tamaño de partículas del concentrado de hierro HGP. ....	20
Tabla 3-2 Distribución de tamaño de partículas del concentrado de hierro DHS. ....	22
Tabla 3-3 Distribución de tamaño de partículas del concentrado de hierro en MHA .....	24
Tabla 3-4 Distribución de tamaño de partículas del tercer concentrado de SAM. ....	28
Tabla 3-5 Principales características de los mineroductos analizados. ....	29
Tabla 5-1. Parámetros de ajuste de tendencia según mínimos cuadrados. ....	40
Tabla 6-1. Sensibilidad de distintas variables sobre el tiempo de detención. ....	47
Tabla 6-2. Valores típicos de mineroductos de hierro. ....	48
Tabla 6-3. Valores típicos con pendiente 7,5% para sensibilidad a la concentración. ....	49

## Índice de figuras

Figura 1-1: Diagrama Esquemático de Componentes de un STP. ....	9
Figura 2-1: Esquema de determinación de pendientes ( $\tan\theta_e$ y $\tan\theta_s$ ). ....	13
Figura 2-2: Determinación del Ángulo de Reposo.....	14
Figura 3-1 Ubicación geográfica del trazado conducción HGP. ....	17
Figura 3-2 Perfil de elevación del trazado conducción HGP ..... 18	18
Figura 3-3 Perfil de elevación del trazado conducción HGP. ....	18
Figura 3-4 Ubicación geográfica del trazado conducción SAM. ....	25
Figura 3-5 Perfil de elevación trazado tercer concentrado SAM. ....	26
Figura 3-6 Granulometría del concentrado de hierro SAM.....	28
Figura 4-1 Tramo con batch de concentrado detenido HGP. ....	30
Figura 4-2 Distribución de densidad en re-partida, en la descarga HGP. ....	31
Figura 4-3 Perfil longitudinal y variación en la concentración de sólidos mineroducto HGP. ....	31
Figura 4-4 Dispersión HGP luego de 85 Km. ....	32
Figura 4-5 Perfil longitudinal y tramo con batch de concentrado detenido DHS. ....	33
Figura 4-6 Distribución de concentración en re-arranque, en la descarga DHS. ....	33
Figura 4-7 Perfil longitudinal y concentración de sólidos mineroducto DHS. ....	34
Figura 4-8 Dispersión DHS luego de 62 Km ..... 34	34
Figura 4-9 Concentración de sólidos en descarga luego de 22 horas de parada MHA. ....	35
Figura 4-10 Perfil longitudinal y concentración de sólidos mineroducto MHA. ....	36
Figura 4-11 Dispersión MHA luego de 117 Km. ....	36
Figura 5-1 Curva de ajuste datos puntos bajos y aumento de concentración.....	41
Figura 6-1. Tiempo de detención y pendientes para aumento de concentración de 20% HGP.....	43
Figura 6-2. Tiempo de detención y pendientes para aumento de concentración de 20% DHS.....	43
Figura 6-3. Tiempo de detención y pendientes para aumento de concentración de 20% MHA. ..	44
Figura 6-4. Tiempos de detención y pendientes para aumento de concentración de 20% SAM ..	45
Figura 6-5. Tiempos de detención para un aumento de concentración de 32% SAM ..	46
Figura 6-6 Sensibilidad de distintas variables sobre el tiempo de detención. ....	48
Figura 6-7. Sensibilidad pendiente de entrada y salida. ....	49
Figura 6-8. Sensibilidad concentración media antes de la detención. ....	50