

# Tabla de Contenido

1. Introducción .....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivo General.....	1
1.1.2. Objetivos Específicos .....	1
1.2. Estructuración del trabajo.....	2
2. Revisión de Antecedentes .....	3
2.1. Relave y depósitos de relaves.....	3
2.2. Tipos de depósitos de relave .....	4
2.2.1. Tipo de relave.....	5
2.2.2. Tipo de depositación.....	6
2.2.3. Método constructivo.....	7
2.3. Estabilidad física de depósitos de relaves .....	8
2.4. Incidentes reportados a nivel mundial y nacional .....	9
2.4.1. Incidentes a nivel mundial.....	9
2.4.2. Incidentes a nivel nacional.....	11
2.4.3. Último incidente reportado .....	11
2.5. Mecanismos de falla .....	12
2.5.1. Licuación sísmica .....	12
2.5.2. Inestabilidad de taludes .....	13
2.5.3. Rebalse (overtopping) .....	14
2.5.4. Deformaciones sísmicamente inducidas.....	15
2.5.5. Erosión interna (piping).....	15
2.5.6. Licuación estática .....	16
2.5.7. Inestabilidad del suelo de fundación .....	16
2.6. Eventos gatilladores y parámetros críticos .....	16
2.7. Antecedentes normativos y Buenas Prácticas en Chile y el Mundo .....	20
2.7.1. Chile .....	20
2.7.2. Perú.....	23
2.7.3. Australia .....	25
2.7.4. Estados Unidos .....	27

2.7.5.	Canadá.....	29
2.7.6.	Organismos Internacionales .....	30
2.7.7.	Análisis sobre Antecedentes normativos y buenas prácticas .....	32
2.8.	Instrumentos utilizados en depósitos de relaves .....	33
2.8.1.	Instrumentación no invasiva .....	33
2.8.1.1.	Imágenes satelitales .....	33
2.8.1.2.	Interferometría.....	34
2.8.1.3.	Modelos de elevación digital (DEM) .....	35
2.9.	Estudios de entorno regional.....	36
2.9.1.	Estudio de Riesgo Sísmico .....	37
2.9.2.	Estudio Hidrológico.....	38
2.9.3.	Análisis de estabilidad de taludes .....	38
2.10.	Criterios utilizados en la propuesta metodológica .....	40
2.10.1.	Tipología de depósitos de relaves .....	40
2.10.2.	Envejecimiento de arenas .....	43
2.10.3.	Distancia a fallas geológicas .....	44
2.10.4.	Actividad sísmica.....	45
2.10.5.	Exposición a crecidas.....	45
2.10.6.	Volcanismo.....	45
2.11.	Recursos computacionales .....	46
2.11.1.	ArcMap 10.5.....	46
2.11.1.1.	Ubicación.....	46
2.11.1.2.	Áreas y observación general .....	47
2.11.1.3.	Distancias.....	47
2.12.	Conclusiones generales de la revisión de antecedentes .....	47
3.	Clasificación de depósitos de relaves abandonados en Chile .....	50
3.1.	Distribución por región .....	50
3.2.	Distribución según tipo de depositación y método constructivo .....	50
3.3.	Distribución según recurso.....	51
3.4.	Presencia de muro, derrames y ubicación en grupos.....	52
3.5.	Distribución según volumen, tonelaje y área .....	54

3.6.	Distribución según alturas inferidas.....	56
3.7.	Distribución según distancias a puntos y áreas de interés .....	57
3.7.1.	Distancias a centros poblados .....	59
3.7.2.	Distancias a cuerpos de agua.....	59
3.7.3.	Distancias a zonas de interés .....	59
3.7.4.	Distancias a volcanes activos .....	59
3.8.	Análisis del Catastro de Depósitos de Relaves Abandonados .....	61
4.	Propuesta metodológica de instrumentación y monitoreo para un depósito de relaves abandonado en Chile .....	63
4.1.	Etapa 1: Input (E1) .....	65
4.2.	Etapa 2: Línea de base (E2) .....	70
4.3.	Etapa 3: Tendencias de deformaciones verticales y horizontales (E3) .....	71
4.3.1.	Mecanismos de falla relevantes (MFR).....	71
4.4.	Categorización de la Etapa 3 (C-E3).....	73
4.5.	Monitoreo Simple (MS) .....	74
4.6.	Etapa 4: Campaña en terreno preliminar (no invasiva e invasiva somera) (E4).....	75
4.6.1.	Actualización de MFR posterior a Etapa 4 .....	77
4.7.	Categorización de la Etapa 4 (C-E4).....	78
4.8.	Monitoreo Intermedio post Etapa 4 (MI4) .....	80
4.9.	Etapa 5: Campaña geotécnica invasiva e instrumentación invasiva (E5) .....	81
4.9.1.	Campaña en terreno.....	81
4.9.2.	Instalación de instrumentos .....	81
4.9.3.	Campaña en laboratorio y trabajo en gabinete .....	83
4.9.4.	Actualización de MFR posterior a Etapa 5 .....	84
4.10.	Categorización de la Etapa 5 (C-E5).....	85
4.11.	Monitoreo Intermedio post Etapa 5 (MI5) .....	86
4.12.	Monitoreo Complejo (MC) .....	87
4.13.	Revisión posterior a eventos extremos .....	88
5.	Instrumentos a utilizar .....	90
5.1.	Etapa 1 .....	90
5.2.	Etapa 2 .....	90

5.3. Etapa 3 .....	91
5.4. Etapa 4 .....	91
5.5. Etapa 5 .....	92
6. Aplicación de la Propuesta Metodológica.....	93
6.1. Elección de depósitos .....	93
6.2. Resultados de aplicación de Etapa 1 .....	93
6.3. Análisis de resultados .....	97
7. Análisis y Discusión .....	99
8. Conclusiones .....	102
9. Recomendaciones .....	104
9.1. Ampliación de la Propuesta Metodológica a todos los depósitos de relaves abandonados en Chile.....	104
9.2. Otras recomendaciones .....	106
10. Glosario de siglas .....	108
11. Bibliografía .....	109
Anexo A: Accidentes de depósitos de relaves abandonados reportados a nivel mundial .....	118
Anexo B: Catastro de Depósitos de Relaves Abandonados en Chile .....	123
Anexo C: Propuesta de instrumentación invasiva .....	132
Anexo D: Propuesta de ensayos de terreno .....	137