

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Antecedentes generales Mina El Teniente .....	1
1.2	Motivaciones y problemática.....	2
1.2.1	Objetivo general.....	5
1.2.2	Objetivos específicos.....	5
1.3	Ubicación y vías de acceso .....	6
1.4	Trabajos anteriores relacionados .....	8
1.5	Metodología.....	10
1.5.1	Etapa de recopilación de información relevante.....	10
1.5.2	Etapa de recopilación de bases de datos y modelos dentro del yacimiento.....	11
1.5.3	Determinación de rangos y disposición en el espacio de los datos	14
1.5.4	Estudio de las relaciones entre los parámetros de chancado, geotécnicos y geológicos por sectores .....	15
1.5.5	Visita técnica a laboratorio externo.....	18
1.5.6	Ensayos utilizados y métodos de muestreo .....	19
1.5.7	Ensayos Geotécnicos.....	26
1.5.8	Métodos de muestreo.....	29
<b>2</b>	<b>Teoría de conminución y procesos de chancado en división El Teniente .....</b>	<b>31</b>
2.1	Mecanismos de fractura .....	32
2.2	Tipos de chancadores.....	35
2.3	Procesos de chancado en División El Teniente.....	38
2.3.1	Proceso de chancado interior mina.....	39
2.3.2	Proceso de planta chancado Sewell.....	40
2.3.3	Proceso de planta chancado Colón .....	41
<b>3</b>	<b>Marco Geológico .....</b>	<b>44</b>
3.1	Introducción.....	44
3.2	Marco Geotectónico .....	44
3.3	Geología .....	46

3.3.1	Rocas Estratificadas.....	46
3.3.2	Rocas Intrusivas.....	52
3.3.3	Estructuras.....	53
3.4	Geología del yacimiento El Teniente.....	55
3.4.1	Unidades Litológicas.....	57
3.4.2	Geología Estructural.....	61
3.4.3	Alteración y Mineralización.....	63

## **4 Modelo Geotécnico y modelo de alteración del yacimiento El Teniente..... 66**

4.1	Modelo Geotécnico.....	66
4.1.1	Unidades litológicas.....	67
4.1.2	Arreglo Estructural del Macizo Rocoso.....	68
4.1.3	Propiedades físicas de las estructuras geológicas.....	69
4.1.4	Resistencia al Corte de vetillas.....	69
4.1.5	Resistencia a la Tracción de las vetillas.....	71
4.1.6	Frecuencia de vetillas blandas.....	72
4.1.7	Fragmentación.....	73
4.1.8	Parámetros Operacionales.....	74
4.2	Unidades Geotécnicas Relevantes.....	74
4.3	Modelo de alteración.....	78

## **5 Análisis de resultados..... 80**

5.1	Definición de rangos y análisis espacial de datos.....	81
5.1.1	Chancado LEIT (Cwi).....	81
5.1.2	Índice de chancado obtenido para ensayo SPI (CI).....	82
5.1.3	Índice de abrasión (Ai).....	84
5.2	Relación de la geotecnia y geología con los parámetros de chancado (Cwi, CI y Ai) y formación de dominios.....	86
5.2.1	Chancado LEIT (Cwi).....	86
5.2.2	Crushing Index relacionado a SPI (CI).....	99
5.2.3	Índice de Abrasión (Ai).....	106
5.3	Dominios combinados y caracterización de los sectores Oeste y Norte	

<b>6</b>	<b>Discusiones.....</b>	<b>117</b>
6.1	Influencia de los parámetros geotécnicos y mineralógicos en Cwi.....	117
6.2	Influencia de los parámetros geotécnicos y mineralógicos en CI.....	123
6.3	Influencia de los parámetros geotécnicos y mineralógicos en Ai.....	126
6.4	Representatividad del modelo combinado para chancado .....	127
<b>7</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>129</b>
<b>8</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>134</b>
<b>9</b>	<b>Anexos .....</b>	<b>142</b>
9.1	Anexo A: Tablas con información detallada de los gráficos de caja para análisis del modelo geotécnico y de alteración.....	142
9.2	Anexo B: Bases de datos de geometalurgia .....	152
9.3	Anexo C: Resultados de ensayos geotécnicos .....	164
9.3.1	Resultados para ensayo UCS .....	164
9.3.2	Resultados para ensayos de módulo de Young dinámico .....	167

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1	MUESTRAS QUE SE EXTRAJERON DE LA BASE DE DATOS DE CONMINUCIÓN. ....	12
TABLA 1.2	RECUENTO DE DATOS GEOMETALÚRGICOS DE CHANCADO LEIT (CWI), ÍNDICE DE CHANCADO PREVIO A SPI (CI) E ÍNDICE DE ABRASIÓN (AI).....	13
TABLA 1.3	RECUENTO DE DATOS GEOTÉCNICOS A UTILIZAR EN EL ESTUDIO. ....	13
TABLA 1.4	MUESTRAS A LAS QUE SE LES REALIZÓ UNA DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA PARA RELACIONARLAS CON SU RESULTADO DE CHANCADO LEIT (CWI). ....	18
TABLA 1.5	RANGOS PARA PARÁMETRO DE CHANCADO LEIT RELACIONADO CON RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL. OBTENIDO DE YOUNG, 2019. ....	20
TABLA 1.6	RANGOS PARA EL PARÁMETRO DE CHANCADO LEIT (CWI) OBTENIDO DE DATOS GENERALES DEL LABORATORIO EXTERNO. ....	21
TABLA 1.7	OBTENCIÓN DE RANGOS PARA EL ÍNDICE DE ABRASIÓN PARA DISTINTAS ROCAS, RECOPIADAS POR EL SME. OBTENIDO DE YOUNG, 2019. ....	24

TABLA 4.1 CLASIFICACIONES USUALES PARA MACIZOS ROCOSOS. NO SE OBSERVA UNA DIFERENCIACIÓN CLARA ENTRE LAS UNIDADES LITOLÓGICA (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018).....	67
TABLA 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS MEDIANTE PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LA ROCA (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018).....	77
TABLA 4.3 RANGOS ESTABLECIDOS PARA EL MODELO DE ALTERACIÓN DONDE MUESTRA LOS RANGOS DE PORCENTAJE PARA CADA TIPO DE ALTERACIÓN (INFORME INTERNO INÉDITO). ....	79
TABLA 5.1 RANGOS DE CHANCADO LEIT RELACIONADOS CON LOS DE CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA. ....	97
TABLA 5.2 DEFINICIÓN DE LOS DOMINIOS POR UNIDADES LITOLÓGICAS DEL ÍNDICE DE ABRASIÓN PARA LITOLOGÍAS DE EL TENIENTE. ....	113
TABLA 5.3 DOMINIOS COMBINADOS QUE DETERMINAN LA CAPACIDAD DE CHANCADO DE LOS DISTINTOS VOLÚMENES DEL YACIMIENTO.....	114
TABLA 5.4 SE INDICA EL PORCENTAJE QUE EXISTE DE CADA CATEGORÍA PARA LOS SECTORES OESTE. ....	114
TABLA 5.5 SE INDICA EL PORCENTAJE QUE EXISTE DE CADA CATEGORÍA PARA LOS SECTORES NORTE. ....	116
TABLA 6.1 CATEGORIZACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CHANCADO BASADO EN EL ESTUDIO Y LOS PARÁMETROS OBTENIDOS DE YOUNG, 2019.....	122
TABLA 6.2 CLASIFICACIÓN DE LAS ROCAS DE EL TENIENTE CON RESPECTO AL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE CHANCADO (CI) Y SUS LAS ZONAS GEOTÉCNICAS CORRESPONDIENTES. ....	125
TABLA 9.1 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.8 A. ....	142
TABLA 9.2 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.8 B. ....	142
TABLA 9.3 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.8 C.....	143
TABLA 9.4 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM PARA EL SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.10.....	143
TABLA 9.5 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS DE ALTERACIÓN HP PARA EL SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.11.....	144
TABLA 9.6 DATOS DE RELACIÓN DE CWI CON ZONAS DE ALTERACIÓN HP PARA EL SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.11.....	144
TABLA 9.7 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS GEOTÉCNICAS PARA EL SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.21 A.....	144

TABLA 9.8 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS GEOTÉCNICAS PARA EL SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.21 B.....	145
TABLA 9.9 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS GEOTÉCNICAS PARA EL SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.21 C.....	145
TABLA 9.10 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM PARA SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.22.....	146
TABLA 9.11 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM PARA SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.22.....	146
TABLA 9.12 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM PARA SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.22.....	147
TABLA 9.13 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.23.....	147
TABLA 9.14 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.23.....	148
TABLA 9.15 DATOS DE RELACIÓN DE CI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.23.....	148
TABLA 9.16 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.29 A.....	149
TABLA 9.17 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.29 B.....	149
TABLA 9.18 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.29 C.....	150
TABLA 9.19 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR OESTE PARA FIGURA 4.31.....	150
TABLA 9.20 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR NORTE PARA FIGURA 4.31.....	151
TABLA 9.21 DATOS DE RELACIÓN DE AI CON ZONAS DE ALTERACIÓN PARA HP SECTOR ESTE PARA FIGURA 4.31.....	151
TABLA 9.22 BASE DE DATOS QUE CONTIENE LOS ENSAYOS GEOMETALÚRGICOS DE CHANCADO LEIT (CWI), ÍNDICE DE CHANCADO DE SPI (CI) E ÍNDICE DE ABRASIÓN (AI), CON SUS RESPECTIVOS DATOS DE SONDAJE.....	152
TABLA 9.23 BASE DE DATOS DE RELACIONES ENTRE PARÁMETROS DE CHANCADO CWI, CI Y AI CON RESPECTO A LA MINERALOGÍA QEMSCAN DE LA ASOCIACIÓN CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA.	157
TABLA 9.24 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR OESTE PARA FIGURA 8.1. ....	164

TABLA 9.25 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR NORTE PARA FIGURA 8.1. ....	165
TABLA 9.26 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR ESTE PARA FIGURA 8.1. ....	165
TABLA 9.27 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS DE ALTERACIÓN HT DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.2. ....	166
TABLA 9.28 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS DE ALTERACIÓN HP DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.2. ....	166
TABLA 9.29 DATOS DE RELACIÓN DE UCS CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.2. ....	166
TABLA 9.30 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR OESTE PARA FIGURA 8.3. ....	167
TABLA 9.31 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR ESTE PARA FIGURA 8.3. ....	168
TABLA 9.32 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS GEOTÉCNICAS DEL SECTOR NORTE PARA FIGURA 8.3. ....	168
TABLA 9.33 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS DE ALTERACIÓN HT DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.4. ....	169
TABLA 9.34 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS DE ALTERACIÓN HP DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.4. ....	170
TABLA 9.35 DATOS DE RELACIÓN DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO CON ZONAS DE ALTERACIÓN TM DEL YACIMIENTO PARA FIGURA 8.4. ....	170

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 GRÁFICO QUE RELACIONA EL PARÁMETRO DE CHANCADO LEIT (CWI) Y DE ÍNDICE DE CHANCADO OBTENIDO DE SPI (CI). ....	4
FIGURA 1.2 IMAGEN LANDSAT TM DE CHILE CENTRAL ENTRE LOS 33°S-35°S, Y LOS 71°W- 72,5°W. EL TENIENTE RÍO BLANCO LOS BRONCES SON LOCALIZADOS HACIA EL OESTE DE LA CORDILLERA PRINCIPAL (TOMADO DE CANNEL, 2004). ....	6
FIGURA 1.3 MAPA DE UBICACIÓN Y VÍAS DE ACCESO AL YACIMIENTO EL TENIENTE DE CODELCO, REGIÓN DEL LIBERTADOR BERNARDO O’HIGGINS. SE DETALLAN LOS TRAMOS DE ACCESO A LAS DISTINTAS FAENAS DENTRO DEL DISTRITO MINERO (EXTRAÍDO DE LEÓN, 2016). ....	7
FIGURA 1.4 GRÁFICO QUE RELACIONA LA RESISTENCIA A LA FRACTURA POR TRACCIÓN CON LA ENERGÍA CONSUMIDA POR EL PROCESO DE CHANCADO (BEARMAN ET AL., 1997). ....	8

FIGURA 1.5 ZONAS DEFINIDAS PARA AGRUPAR ESPACIALMENTE EL YACIMIENTO. EN ROJO SE OBSERVA LA ZONA OESTE CON LOS SECTORES ANDESITA, PACÍFICO SUPERIOR Y DIABLO REGIMIENTO; ZONA NORTE CON RECURSOS NORTE, RESERVAS NORTE, ANDES NORTE, DACITA Y PILAR NORTE; ZONA ESTE CON ESMERALDA Y DIAMANTE.....	16
FIGURA 1.6 CHANCADORES UTILIZADOS PARA REALIZAR LA PREPARACIÓN DEL ENSAYO DE SAG POWER INDEX Y OBTENER EL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE CHANCADO (CI).....	23
FIGURA 1.7 MÁQUINA PARA REALIZAR EL TEST DE ABRASIÓN DE BOND. EN LA MANO DEL OPERADOR SE ENCUENTRA LA PLACA DE UN ACERO QUE SIMULA EL RECUBRIMIENTO DE LOS CHANCADORES.....	25
FIGURA 1.8 DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA METODOLOGÍA QEMSCAN ®.....	26
FIGURA 1.9 DIBUJO ESQUEMÁTICO DE LA CONFIGURACIÓN DE UN ENSAYO UNIAXIAL DE COMPRESIÓN SIMPLE. SE OBSERVA GRACIAS A LAS FLECHAS QUE LOS ESFUERZO SON VERTICALES A LA DIRECCIÓN DE LA PROBETA.....	28
FIGURA 1.10 DIAGRAMA DE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO DE PULSO ULTRASÓNICO PARA OBTENER EL PARÁMETRO DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO.....	29
FIGURA 2.1 MECANISMOS DE FRACTURA. SE OBSERVA QUE CADA MECANISMO PRODUCE UNA DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA CARACTERÍSTICA (OBTENIDO DE TORRES, 2017).....	33
FIGURA 2.2 SE OBSERVA QUE LA ZONA DE ATRICCIÓN SE DA EN EL CANTO DE LA PARTÍCULA, GENERANDO DOS PRODUCTOS DE SIMILAR TAMAÑO Y VARIAS MÁS FINAS (OBTENIDO DE TAPIA 2010).....	34
FIGURA 2.3 CHANCADOR DE MANDÍBULAS TIPO BLAKE. EL PUNTO A DENOTA LA ZONA DE ALIMENTACIÓN Y EL P LA SALIDA DEL PRODUCTO (OBTENIDO DE TORRES, 2017).....	35
FIGURA 2.4 CHANCADOR GIRATORIO. EN A SE ENCUENTRA LA ZONA DE ALIMENTADOR Y EN B DONDE EL PRODUCTO SALE (OBTENIDO DE TORRES, 2017).....	36
FIGURA 2.5 CHANCADORES DE CONO. A LA IZQUIERDA SE ENCUENTRA EL ESTÁNDAR QUE FUNCIONA APRA LOS PROCESOS SECUNDARIOS, A LA DERECHA EL DE CABEZA CORTA PARA PROCESOS TERCARIOS (OBTENIDO DE TAPIA, 2010).....	37
FIGURA 2.6 DIAGRAMA DE FLUJO GENERALIZADO DEL TRANSPORTE Y PROCESAMIENTO DE MINERAL REFERENCIAL EN DISTINTOS SECTORES PRODUCTIVOS EN EL AÑO 2011 (MEJÍAS, 2013).....	39
FIGURA 2.7 A LA IZQUIERDA SE OBSERVA LA UBICACIÓN DE LOS CHANCADORES PRIMARIO-ROTATORIOS EN EL NIVEL INTERMEDIO DE ACARREO. A LA DERECHA SE OBSERVA LAS PARTES QUE CONFORMAN EL EQUIPO DE CHANCADO Y LAS ZONAS DE ALIMENTACIÓN (MEJÍAS, 2013).....	40
FIGURA 2.8 PROCESOS DE CHANCADO PLANTA SEWELL. SE PRESENTAN LOS PROCESOS PRIMARIOS, SECUNDARIOS Y TERCARIOS (MEJÍAS, 2013).....	41
FIGURA 2.9 PROCESOS DE LA PLANTA DE CHANCADO COLÓN. EN LA IMAGEN DEL MEDIO SE OBSERVA UNA FOTOGRAFÍA EN PLANTA DEL SECTOR DE LOS PROCESOS. EN LA IMAGEN INFERIOR SE OBSERVA CÓMO SE DISTRIBUYE EL MINERAL AL CHANCADO PRIMARIO, QUE LUEGO PASA POR LA TORRE DE	

TRANSFERENCIA. EN LA SUPERIOR SE OBSERVAN EL CHANCADO PRIMARIO, SECUNDARIO Y Terciario con sus respectivos harneros.....	42
FIGURA 3.1 A: UBICACIÓN DE LA ZONA DE "FLAT SLAB" QUE SEPARA LA ZONA VOLCÁNICA CENTRAL DE LA ZONA VOLCÁNICA SUR. LOS TRIÁNGULOS INDICAN LA UBICACIÓN ACTUAL DEL FRENTE VOLCÁNICO ACTIVO Y LOS CÍRCULOS LA UBICACIÓN DE LOS GRANDES YACIMIENTOS DE PÓRFIDOS DE COBRE DE LA FRANJA DEL MIOCENO TARDÍO Y OTROS DEL Terciario MEDIO, UBICADOS AL NORTE DE CHILE. (EXTRAÍDOS DE HITSCHFELD, 2006). B: PERFILES TRANSVERSALES QUE MUESTRAN LA EVOLUCIÓN TECTO-MAGMÁTICA DE LOS ANDES DE CHILE CENTRAL ENTRE EL MIOCENO Y EL PRESENTE. CORRESPONDE A LA LATITUD DE 34°S. (EXTRAÍDO DE SKEWES Y STERN, 1994). .....	46
FIGURA 3.2 MAPA GEOLÓGICO REGIONAL DE LA FRANJA CORDILLERANA DE CHILE CENTRAL. (MODIFICADO DE CHARRIER ET AL., 1996; EXTRAÍDO DE HARRISON, 2010). .....	47
FIGURA 3.3 MODELO DE RIEDEL PARA UNA ZONA TRANSCURRENTE SINISTRAL DE RUMBO N50°W RELACIONADA CON LA ZONA DE FALLA RÍO BLANCO-CODEGUA (EXTRAÍDO DE RIVERA Y FALCÓN, 2000).....	53
FIGURA 3.4 GEOLOGÍA SIMPLIFICADA EN EL NIVEL TENIENTE 6 DEL YACIMIENTO EL TENIENTE (DE LOS SANTOS, 2011). .....	56
FIGURA 3.5 EN LA ZONA SUPERIOR DE LA IMAGEN SE OBSERVAN LAS IMÁGENES A NIVEL MACROSCÓPICO DE LA ROCA Y EN EL INFERIOR LA TEXTURA A NIVEL MICRSOCÓPICO. A: DIABASA CON TEXTURA PORFÍDICA Y FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASA MAYORES A 2 MM DE LARGO.; B: GABRO CON TEXTURA EQUIGRANULAR, CON CRISTALES DE PLAGIOCLASA DE 1 MM DE LARGO Y PIROXENOS EN FORMA SUBORDINADA.; C: PÓRFIDO BASÁLTICO CON TEXTURA PORFÍDICA Y GLOMEROPORFÍDICA CON FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASA MAYORES A 2 MM DE LARGO (REFERENCIA INTERNA: SGL-I-123/03). .....	57
FIGURA 3.6 ZONA DE FALLA EL TENIENTE (ZFT). LIMITA AL NORTE CON LA QUEBRADA TENIENTE, Y AL SUR CON LA FALLA AGUA AMARGA (EXTRAÍDO DE VALENZUELA, 2002).....	62
FIGURA 4.1 LITOLOGÍA Y SECTORIZACIÓN POR TIPO DE MENA INTERIOR MINA (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018). .....	68
FIGURA 4.2 SE OBSERVA EL GRÁFICO CON LOS PARÁMETROS DE COHESIÓN PARA ENSAYOS DE CORTE DIRECTO REALIZADOS POR DISTINTOS TRABAJOS DENTRO DE LA DIVISIÓN (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018). .....	70
FIGURA 4.3 GRÁFICO Y TABLA CON LOS PARÁMETROS DE COHESIÓN PARA ENSAYOS DE TRACCIÓN INDIRECTA REALIZADOS POR DISTINTOS TRABAJOS DENTRO DE LA DIVISIÓN EL TENIENTE (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018).....	71



FIGURA 4.4 FRECUENCIA DE VETILLAS BLANDAS CATEGORIZADAS POR LAS ZONAS ELEGIDAS. SE OBSERVA QUE EXISTE UNA GRAN DIFERENCIA ENTRE LAS ZONACIONES, ENTREGANDO UN BUEN INDICADOR PARA LAS DISTINTAS ZONAS (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018).....	72
FIGURA 4.5 GRÁFICOS QUE REPRESENTAN LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS IN-SITU PARA LAS DISTINTAS UNIDADES GEOTÉCNICAS DEFINIDAS PARA EL MACIZO ROCOSO DE EL TENIENTE. TAMBIÉN SE INCLUYE LA CURVA GRANULOMÉTRICA PARA EL MATERIAL QUEBRADO (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018). .....	73
FIGURA 4.6 MODELO DE ZONACIÓN GEOTÉCNICA PARA EL YACIMIENTO EL TENIENTE AL NIVEL 2210. (OBTENIDO DE INFORME INTERNO GRMD-SGL-INF-0041-2018). .....	76
FIGURA 5.1 GRÁFICO CUANTIL TEÓRICO-CUANTIL REAL PARA EL PARÁMETRO DE CHANCADO LEIT. SE OBSERVAN LOS QUIEBRES MARCADOS POR LÍNEAS DE TONOS NARANJOS. ADEMÁS, SE OBSERVA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RANGOS GENERADOS.....	81
FIGURA 5.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS DE CHANCADO LEIT ALREDEDOR DEL YACIMIENTO, CONSIDERANDO TODAS LAS MUESTRAS. DR: DIABLO REGIMIENTO; PS: PACÍFICO SUPERIOR; AND: ANDESITA; RN: RECURSOS NORTE; DA: DACITA; RENO: RESERVAS NORTE; AN: ANDES NORTE; PN: PILAR NORTE; EM: ESMERALDA; DI: DIAMANTE. ....	82
FIGURA 5.3 GRÁFICO CUANTIL TEÓRICO-CUANTIL REAL PARA EL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE CHANCADO (CI). SE OBSERVAN LOS QUIEBRES MARCADOS POR LÍNEAS DE TONOS GRISES. ADEMÁS, SE OBSERVA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RANGOS GENERADOS. ....	83
FIGURA 5.4 DISTRIBUCIÓN DE LAS MUESTRAS CON DATOS DE ÍNDICE DE CHANCADO (CI), EN BASE A LOS RANGOS OBTENIDOS EN LOS GRÁFICOS DE DISTRIBUCIÓN. DR: DIABLO REGIMIENTO; PS: PACÍFICO SUPERIOR; AND: ANDESITA; RN: RECURSOS NORTE; DA: DACITA; RENO: RESERVAS NORTE; AN: ANDES NORTE; PN: PILAR NORTE; EM: ESMERALDA; DI: DIAMANTE. ....	84
FIGURA 5.5 GRÁFICO CUANTIL TEÓRICO-CUANTIL REAL PARA EL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE ABRASIÓN (AI). SE OBSERVAN LOS QUIEBRES MARCADOS POR LÍNEAS DE TONOS GRISES. ADEMÁS, SE OBSERVA LA DISTRIBUCIÓN DE LOS RANGOS GENERADOS. ....	85
FIGURA 5.6 DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS DEL ÍNDICE DE ABRASIÓN EN LOS SECTORES PRODUCTIVOS. ESTÁN CATEGORIZADOS EN BASE A LOS RANGOS OBTENIDOS. DR: DIABLO REGIMIENTO; PS: PACÍFICO SUPERIOR; AND: ANDESITA; RN: RECURSOS NORTE; DA: DACITA; RENO: RESERVAS NORTE; AN: ANDES NORTE; PN: PILAR NORTE; EM: ESMERALDA; DI: DIAMANTE. ....	86
FIGURA 5.7 GRÁFICOS QUE RELACIONAN CWI CON LAS UNIDADES LITOLÓGICAS PRESENTES EN LA DIVISIÓN EL TENIENTE. LAS LÍNEAS PUNTEADAS INDICAN LOS DIFERENTES RANGOS DEFINIDOS ANTERIORMENTE. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET); BRECHA DE ANHIDRITA (BXANH); PÓRFIDO DACÍTICO (PDA); TONALITA (TO); BRECHA ÍGNEA DE TONALITA	

(BXITO); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO DIORÍTICO (BXIPDI). A: ZONA OESTE; B: ZONA NORTE; C: ZONA ESTE. ....	87
FIGURA 5.8 RELACIÓN ENTRE LAS ZONAS GEOTÉCNICAS (FRECUENCIA DE VETILLAS BLANDAS) Y EL ENSAYO DE CHANCADO LEIT. HACIA LA DERECHA AUMENTA LA FRECUENCIA DE VETILLAS BLANDAS. SE OBSERVA QUE ENTRE LA ZONA 3 Y 4 EXISTE UN AUMENTO DEL CWI EN TODOS LOS SECTORES. A: ZONA OESTE; B: ZONA NORTE; C: ZONA ESTE.....	88
FIGURA 5.9 RELACIONES DE CHANCADO LEIT Y EL GRUPO DE LOS FILOSILICATOS Y MINERALES BLANDOS DEFINIDOS ANTERIORMENTE PARA ZONAS OESTE Y NORTE. SE OBSERVA UNA MEJOR DISPERSIÓN PARA LA ZONA OESTE QUE PARA EL NORTE. CL: CLORITA; BT: BIOTITA; MV/SER: MUSCOVITA/SERICITA; CPY: CALCOPIRITA; ANH: ANHIDRITA; CB: CARBONATOS; MO: MOLIBDENITA. ....	89
FIGURA 5.10 RESULTADOS PARA LA ALTERACIÓN TARDIMAGMÁTICA (TM) SOLO PARA LOS SECTORES OESTE. SE OBSERVA UNA RELACIÓN PRINCIPALMENTE SOLO CON LA MINERALOGÍA PARA ESTA ZONA. .....	90
FIGURA 5.11 SE OBSERVAN RELACIONES CON LA ALTERACIÓN HP PARA LAS ZONAS OESTE (ARRIBA) Y NORTE (ABAJO). SE OBSERVA UNA TENDENCIA DE LOS DATOS A AUMENTAR SU VALOR DE CHANCADO LEIT A MEDIDA QUE AUMENTAMOS EL PORCENTAJE DE CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA EN LA MUESTRA. ....	91
FIGURA 5.12 IMÁGENES MICROSCÓPICAS DE LAS MUESTRAS S1181 Y S1182 QUE POSEEN UN CWI DENTRO DEL RANGO BAJO CON SUS RESPECTIVAS VETILLAS. SE OBSERVA LA MASA FUNDAMENTAL BIOTITIZADA Y FENOCRISTALES DE PLAGIOCLASA.....	92
FIGURA 5.13 IMÁGENES MICROSCÓPICAS DE LAS MUESTRAS S1290 Y S1295 DONDE SE OBSERVA NUEVAMENTE LA PRESENCIA DE BIOTITA EN LA MASA FUNDAMENTAL, PERO CON UN AUMENTO DE LA PRESENCIA DE SERICITA TANTO EN LOS FENOCRISTALES COMO EN LAS VETILLAS. ....	93
FIGURA 5.14 IMÁGENES MICROSCÓPICAS DE LAS MUESTRAS S1402 Y S1464 QUE REPRESENTAN A LOS RANGOS MÁS ALTOS DE CWI, DONDE SE OBSERVA UNA ALTERACIÓN PERVASIVA DE CLORITA- MUSCOVITA/SERICITA, DONDE YA NO ES RECONOCIBLE LA TEXTURA ORIGINAL DE LA ROCA.....	94
FIGURA 5.15 FOTOGRAFÍA MICROSCÓPICAS DE MUESTRAS S1463, S1410 Y S1415 QUE REPRESENTAN A LAS ROCAS DEL COMPLEJO FÉLSICO. ....	95
FIGURA 5.16 DISTRIBUCIÓN DE LOS DATOS DE MINERALOGÍA QEMSCAN PARA LA ASOCIACIÓN CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA. SE OBSERVA UNA GRAN REPRESENTATIVIDAD DE LA INFORMACIÓN. .....	95
FIGURA 5.17 DIAGRAMAS DE DISPERSIÓN PARA SECTORES OESTE Y NORTE CON SUS EJES REPRESENTADOS EN LOGARITMO BASE DOS. SE OBSERVA ADEMÁS LOS AJUSTES DE SU NUBE DE PUNTOS. A) PARA EL SECTOR OESTE Y B) PARA EL SECTOR NORTE. ....	96

FIGURA 5.18 DOMINIOS PARA CHANCADO LEIT GENERADOS EN BASE A LOS DATOS DE CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA DE LA ZONA OESTE.....	98
FIGURA 5.19 DOMINIOS PARA CHANCADO LEIT GENERADOS EN BASE A LOS DATOS DE CLORITA-MUSCOVITA/SERICITA DE LA ZONA NORTE. ....	99
FIGURA 5.20 RELACIONES ENTRE UNIDADES LITOLÓGICAS Y EL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE CHANCADO. LAS LÍNEAS PUNTEADAS INDICAN LOS RANGOS DEFINIDOS ANTERIORMENTE. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET); BRECHA DE ANHIDRITA (BXANH); PÓRFIDO DACÍTICO (PDA); TONALITA (TO); BRECHA ÍGNEA DE TONALITA (BXITO); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO DIORÍTICO (BXIPDI); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO BASÁLTICO. A: ZONA OESTE; B: ZONA NORTE; C: ZONA ESTE. ....	100
FIGURA 5.21 RELACIÓN ENTRE EL ÍNDICE DE CHANCADO (CI) Y LAS ZONAS GEOTÉCNICAS (FRECUENCIA DE VETILLAS BLANDAS AUMENTAN HACIA LA DERECHA.) A: ZONA OESTE; B: ZONA NORTE; C: ZONA ESTE. ....	101
FIGURA 5.22 RELACIONES ENTRE LA ALTERACIÓN TM Y SU MINERALOGÍA QEMSCAN ASOCIADA, CON EL ÍNDICE DE CHANCADO (CI).....	102
FIGURA 5.23 RELACIONES ENTRE LA ALTERACIÓN HP Y SU MINERALOGÍA QEMSCAN ASOCIADA, CON EL ÍNDICE DE CHANCADO (CI).....	103
FIGURA 5.24 DEFINICIÓN DE DOMINIOS EN BASE AL CONTROL DE ZONAS GEOTÉCNICAS SOBRE EL PARÁMETRO DE ÍNDICE DE CHANCADO (CI). SE DEFINE LA ZONA DE ALTA Y MODERADA.....	104
FIGURA 5.25 DOMINIOS EN EL ESPACIO DEL ÍNDICE DE CHANCADO (CI), DONDE SE IDENTIFICA QUE LA ZONA MÁS ALTA (ROJO) SE DELIMITA EN BASE A LOS PÓRFIDOS QUE POSEEN MENOR CANTIDAD DE FRECUENCIA DE VETILLAS, A DIFERENCIA DE LA ZONA MODERADA. ....	105
FIGURA 5.26 RELACIÓN ENTRE ÍNDICE DE ABRASIÓN Y UNIDADES LITOLÓGICAS PARA TODOS LOS SECTORES. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET); BRECHA DE ANHIDRITA (BXANH); PÓRFIDO DACÍTICO (PDA); PÓRFIDO DIORÍTICO (PDI); TONALITA (TO); BRECHA ÍGNEA DE TONALITA (BXITO); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO DIORÍTICO (BXIPDI); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO BASÁLTICO. ....	106
FIGURA 5.27 RELACIÓN ENTRE UNIDADES LITOLÓGICAS Y EL ÍNDICE DE ABRASIÓN (IZQUIERDA). SE OBSERVA QUE LOS MAYORES VALORES SE CONCENTRAN EN EL PÓRFIDO DACÍTICO. A LA DERECHA SE ENCUENTRA EL ANÁLISIS ESPACIAL DE CADA ZONA PARA LAS MUESTRAS DE CI. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET); BRECHA DE ANHIDRITA (BXANH); PÓRFIDO DACÍTICO (PDA).....	107
FIGURA 5.28 RELACIÓN ENTRE UNIDADES LITOLÓGICAS E ÍNDICE DE ABRASIÓN PARA EL SECTOR ESTE. SE OBSERVA QUE LOS PÓRFIDOS FÉLSICOS POSEEN VALORES MÁS ALTOS QUE LAS DEMÁS LITOLÓGÍAS. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET); BRECHA DE	

ANHIDRITA (BXANH); PÓRFIDO DIORÍTICO (PDI); TONALITA (TO); BRECHA ÍGNEA DE TONALITA (BXITO); BRECHA ÍGNEA DE PÓRFIDO DIORÍTICO (BXIPDI). .....	108
FIGURA 5.29 RELACIÓN CON LAS ZONAS GEOTÉCNICAS (AUMENTO DE LA FRECUENCIA DE VETILLAS BLANDAS HACIA LA DERECHA) CON EL ÍNDICE DE ABRASIÓN. SE DIVIDIERON POR LITOLOGÍAS DEBIDO A QUE PRESENTAN DIFERENCIAS IMPORTANTES. CÓDIGOS LITOLÓGICOS: COMPLEJO MÁFICO EL TENIENTE (CMET);); PÓRFIDO DACÍTICO (PDA); PÓRFIDO DIORÍTICO (PDI); TONALITA (TO); A: ZONA OESTE; B: ZONA NORTE; C: ZONA ESTE.....	109
FIGURA 5.30 DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA LA ASOCIACIÓN MINERALÓGICA EN QEMSCAN DEL GRUPO DE FILOSILICATOS CON EL ÍNDICE DE ABRASIÓN (AI). SE OBSERVAN RELACIONES PRINCIPALMENTE PARA EL SECTOR ESTE Y NORTE. ....	111
FIGURA 5.31 RELACIÓN DEL ÍNDICE DE ABRASIÓN CON LOS DISTINTOS VOLÚMENES DE LA ALTERACIÓN DE TIPO HP. ADEMÁS, SE COMPARA CON LA ASOCIACIÓN MINERALÓGICA OBTENIDA EN QEMSCAN, PROPIA DE ESTE TIPO DE EVENTO. ....	112
FIGURA 5.32 VOLUMEN QUE DEFINE LA CHANCABILIDAD DE LA ROCA PARA LOS SECTORES OESTE. AND: ANDESITA; PS: PACÍFICO SUPERIOR; DR: DIABLO REGIMIENTO. ....	115
FIGURA 5.33 DOMINIOS COMBINADOS QUE DEFINEN LA CHANCABILIDAD EN BASE A LOS PARÁMETROS DE CWI Y CI. SE OBSERVAN ZONAS CERCANAS A LA PIPA QUE ES DE MEJOR CALIDAD EL CHANCADO, EN CAMBIO LAS ASOCIADAS A PÓRFIDOS FÉLSICOS POSEEN UNA MALA CALIDAD. RN: RECURSOS NORTE; DA: DACITA; RENO: RESERVAS NORTE; AN: ANDES NORTE; PN: PILAR NORTE.....	116
FIGURA 6.1 GRÁFICO QUE RELACIONA EL COMPORTAMIENTO DE CWI CON LA TEXTURA DE ALTERACIÓN DE DISTINTAS MUESTRAS ESTUDIADAS EN MICROSCOPIO PARA LA UNIDAD LITOLÓGICA CMET..	119
FIGURA 6.2 GRÁFICO QUE RELACIONA EL COMPORTAMIENTO DE CWI CON LA TEXTURA DE ALTERACIÓN DE DISTINTAS MUESTRAS ESTUDIADAS EN MICROSCOPIO PARA UNIDADES DE PÓRFIDOS FÉLSICOS. ....	120
FIGURA 6.3 ATOLLO DEL CHANCADOR GIRATORIO DEL SECTOR PRODUCTIVO DACITA. SE OBSERVA EL MATERIAL FINO COMPACTADO AL INTERIOR DE LA MÁQUINA, DONDE EL MATERIAL GRUESO SE QUEDA ESTANCADO DEBIDO AL CUERPO DE COMPORTAMIENTO PLÁSTICO QUE SE GENERA DENTRO. ....	122
FIGURA 9.1 RELACIONES ENTRE ENSAYOS UCS Y LAS ZONAS GEOTÉCNICAS. SE OBSERVAN EN GENERAL ALTAS DISPERSIONES EN LOS DIAGRAMAS DE CAJA. ....	164
FIGURA 9.2 RELACIONES ENTRE ENSAYOS UCS Y LAS ZONAS DE ALTERACIÓN DENTRO DEL YACIMIENTO. SE OBSERVAN EN GENERAL ALTAS DISPERSIONES EN LOS DIAGRAMAS DE CAJA SIN UNA TENDENCIA EN LAS DISTINTAS ZONAS. ....	165
FIGURA 9.3 RELACIONES ENTRE ENSAYO DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO Y LAS ZONAS GEOTÉCNICAS DEL YACIMIENTO. SE OBSERVAN TENDENCIAS SIMILARES, PERO EN DISTINTOS RANGOS PARA CADA ZONA. ....	167

FIGURA 9.4 RELACIONES ENTRE ENSAYOS DE MÓDULO DE YOUNG DINÁMICO Y LAS ZONAS DE ALTERACIÓN DENTRO DEL YACIMIENTO. SE OBSERVAN DIFERENTES TENDENCIAS PARA CADA ZONA Y ALTAS DISPERSIONES EN LOS DATOS. .... 169