INFORME TÉCNICO

INSPECCIÓN ANUAL DE INSTALACIONES DE RELAVES 2021 (ATFI - 2021)

Compañía Minera TECK – Carmen de Andacollo (TECK-CdA)

Preparado por:

Wood plc
Environment & Infrastructure (E&I)
Av. Presidente Riesco 5335, Piso 8
Las Condes, Santiago, Chile
Tel: 56 2 2957 7700
www.woodplc.com

29 de marzo de 2021

Compañía Minera TECK- Carmen de Andacollo

INGENIERO DE REGISTRO Y CQA CONSTRUCCIÓN DEPÓSITO DE RELAVES

PROYECTO Nº E40221

INFORME TÉCNICO

Nº TECK:

N° WOOD: E40221-6000-DT00-RPT-0002

PARA

INSPECCIÓN ANUAL DE INSTALACIONES DE RELAVES (ATFI - 2021) – DEPÓSITO DE RELAVES

Preparado por:

WOOD, Environment & Infrastructure Solutions (E&IS)

Aprobado por:

Jefe de Proyecto	Marco Barrientos	(MB)
Ingeniero de Registro	Luis González	(LG)
Cliente	Juan Carlos Gómez	(JCG)

Rev.	Autor	Emitido para	Fecha	Rev. por	Fecha Aprob.
A	LA	Revisión Interna	12/03/2021	LG / MB	
B	LA	Revisión Cliente	16/03/2021	LG / JP	
0	LA	Para Uso	24/03/2021	MN / AV	
1	LA	Reemitido Para Uso	29/03/2021	RC	

Revisión 1: En donde se indica año 2.020 y 2,020, se corrige por 2020.

Contenido

0.0 RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY ... 11
1.0 INTRODUCCIÓN ... 18
1.1. Propósito, alcance del trabajo y metodología ... 19
1.2. Abreviaturas ... 19
1.3. Regulaciones aplicables al depósito de relaves ... 20
1.4. Permisos ... 22
1.5. Descripción de las Instalaciones ... 22
2.0 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN 2020 ... 25
2.1. Depositación de Relaves ... 25
2.2. Capacidad de Almacenamiento Remanente ... 27
2.3. Construcción y Operación Durante el Período ... 29
2.3.1. Operación de Agua y Relaves ... 29
2.3.2. Construcción de Muros ... 30
2.3.3. Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna ... 32
2.4. Planta y Secciones Transversales Actualizadas ... 32
2.5. Revisión de Datos y Registros ... 44
2.5.1. Inspecciones diarias ... 44
2.5.2. Inspecciones semanales ... 45
2.5.3. Inspecciones mensuales ... 45
2.5.4. Inspecciones trimestrales ... 46
2.5.5. Inspecciones anuales ... 46
2.5.6. Inspecciones quinquenales ... 46
2.5.7. En tiempo real ... 47
2.5.8. Extraordinarias ... 47
3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2020 ... 49
3.1. Resumen anual de datos climáticos y tendencia ... 49
3.2. Almacenamiento de la CMP ... 52
3.3. Volumen de agua descargada (superficial y subterránea) ... 57
4.0 RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2020 ... 68
4.1. Piezómetros de cuerda vibrante ... 68
4.1.1. Etapa de construcción (EPCM) y Comisionamiento ... 68
4.1.2. Etapa de operación ... 68
4.1.3. Ubicación de los piezómetros ... 68
4.2. Instrumentación Complementaria : Campaña de Sondajes ... 69
4.2.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes ... 69
4.2.2. Instrumentación asociada a la campaña de Sondajes ... 71
4.2.3. Piezómetros Casagrande ... 71
4.2.4. Piezómetros de Fibra Óptica ... 72
4.3. Lecturas Instrumentales 2020 ... 86
4.3.1. Lecturas Piezómetros MN ... 86
4.3.2. Lecturas Piezómetros MNO ... 88
4.3.3. Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica ... 94
4.3.4. Lecturas Piezómetros Casagrande ... 97
4.3.5. Lecturas Piezómetros MO ... 100

4.3.6. Lecturas Piezómetros MO(S) 103
4.3.7. Conclusión Piezometría 105
4.4. Deformaciones 105
4.4.1. Monolitos para control de Asentamientos, Etapas 1 y 2. 105
4.4.2. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3. 107
4.4.3. Comparación de Asentamientos Totales 112
4.4.4. Comparación de Asentamientos Sísmicos 120
4.4.5. Prismas para control de Asentamientos 121
5.0 ESTABILIDAD 126
6.0 CALIDAD DE AGUA DESCARGADA 127
7.0 OBSERVACIONES DEL SITIO 128
7.1. Participantes 128
7.2. Programación 128
7.3. Inspección 130
7.3.1. Extensión de Playas 130
7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición 131
7.3.3. Filtraciones 132
7.3.4. Muro Norte (MN) – Aguas Arriba 133
7.3.5. Muro Norte (MN) - Aguas Abajo 133
7.3.6. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba 134
7.3.7. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo. 134
7.3.8. Botadero Sur (BS) 135
7.3.9. Muro MO – Aguas Arriba. 136
7.3.10. Muro MO – Aguas Abajo. 136
7.3.11. Muro MO(S) – Aguas Arriba 137
7.3.12. Muro MO(S) – Aguas Abajo 137
7.3.13. Muro MS – Aguas Arriba. 137
7.3.14. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras 137
7.3.15. Muro Poniente – Fundación 138
7.3.16. Instrumentación y Monitoreo 138
7.3.17. Niveles de agua 138
8.0 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACION DE RELAVES 140
8.1. Criterios de Diseño Clave 140
8.2. Modos de Falla 141
8.3. Peligros – Medidas de Diseño / Control 146
8.3.1. Estabilidad física 146
8.3.2. Manejo de Agua Producto de Eventos Extremos 152
8.3.3. Manual de Operación 154
8.3.4. Revisión de la clasificación de la instalación de relaves (según DGA) 155
8.4. Comportamiento físico 155
8.4.1. Geotécnico 155
8.4.2. Hidráulico 156
8.5. Comportamiento operacional 159
8.5.1. Procedimientos operacionales 159
8.5.2. Incidentes y confiabilidad 159
8.5.3. Mantenimiento 167

8.6. Revisión del Manual de Operaciones 167
8.7. Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia 168
8.8. Revisión de Seguridad (DSR) 168
8.9. Actualización de Distancia Peligrosa 172
9.0 RESUMEN Y RECOMENDACIONES 173
9.1. Resumen de actividades de construcción durante la visita 173
9.2. Resumen de desempeño 173
9.3. Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo 174
9.3.1. Plataforma BS, al coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido 174
9.3.2. Perfilado Relleno de Transición 177
9.3.3. Trinchera #8A 178
9.4. Evaluación de consecuencias según GISTM 179
9.5. Estatus Recomendaciones DSI 2020 180
9.6. Recomendaciones ATFI 2021 181
9.6.1. Longitud de Playas 181
9.6.2. Agrietamientos en la Zona de Transición 182
9.6.3. Filtraciones 182
9.6.4. MN – Aguas Arriba 182
9.6.5. MN – Aguas Abajo 182
9.6.6. MNO – Aguas Arriba 183
9.6.7. MNO – Aguas Abajo 183
9.6.8. BS – Aguas Arriba 183
9.6.9. BS – Aguas Abajo 183
9.6.10. MO – Aguas Arriba 183
9.6.11. MO – Aguas Abajo 184
9.6.12. MO(S) – Aguas Arriba 184
9.6.13. MO(S) – Aguas Abajo 184
9.6.14. MS – Aguas arriba y Estribo. 184
9.6.15. Trincheras. 184
9.6.16. MP – Fundaciones. 184
9.6.17. Monitoreo y control. 185
9.6.18. Otros. 185
10.0 ATFI 2022 186
11.0 ANEXOS 187

Tablas

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones ATFI 2021. 16
Chart 0-2: ATFI 2021 Recommendations Summary. 17
Tabla 1-1: Documentos de Referencia. 19
Tabla 1-2: Nomenclatura y Abreviaturas. 19
Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2020 (ref. manual OMS_ Wood). 22
Tabla 2-1: Depositación real versus programada (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos). 25
Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2020 28
Tabla 2-3: Revancha Hidráulica / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2020 28

Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 4, año 2020. 30
Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020. 31
Tabla 2-6: Resumen Relleno de Transición, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020. 31
Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del embalse de relaves vs volumen de crecida (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood). 52
Tabla 4-1: Piezómetros de cuerda vibrante instalados 69
Tabla 4-2: Piezómetros 71
Tabla 4-3: Asentamiento total porcentual por etapa 116
Tabla 7-1: Programación ATFI 2021 129
Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave durante el periodo (ref. manual OMS_R4 AmecFW). 140
Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (1 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 142
Tabla 8-3: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (2 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 143
Tabla 8-4: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (3 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 144
Tabla 8-5: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (4 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW). 145
Tabla 8-6: Parámetros de los terremotos MC y Op para el sitio del depósito de relaves Teck CdA (ref. S y S, 2016). 149
Tabla 8-7: Parámetros de los sismos relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG) 150
Tabla 8-8: Relación de aceleraciones horizontales máximas en el sitio para sismos relevantes vs sismos interplaca de diseño. 150
Tabla 8-9: Recomendaciones DSR (1 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA). 169
Tabla 8-10: Recomendaciones DSR (2 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA). 170
Tabla 8-11: Recomendaciones DSR (3 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA). 171

Figuras

Figura 2-1: Depositación real versus programada, por descarga (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos). 25
Figura 2-2: Depositación real versus programada, total por sector (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos). 25
Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 05 de diciembre de 2020 (ref. presentación Performance GRB 2021, Wood). 26
Figura 2-4: Planta Depósito de Relaves, al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0027_RB, GA 2020.Q4, Wood) 33
Figura 2-5: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood) 34
Figura 2-6: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood) 35
Figura 2-7: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood). 36
Figura 2-8: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood) 37
Figura 2-9: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood) 38
Figura 2-10: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood). 39

Figura 2-11: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood) 40
Figura 2-12: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood) 41
Figura 2-13: TMF, Relleno de Transición Pendiente por Construir, Etapa 4, Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000_RC, Wood) 42
Figura 2-14: TMF, Relleno de Transición Pendiente por Construir, Etapa 4, Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Perfil Longitudinal y Secciones(ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000_RC, Wood) 43
Figura 2-15: Ficha de Inspección Extraordinaria (ref. manual OMS_R4, Wood) 48
Figura 3-1: Esquema Principales Flujos (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA). 49
Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2020 (Histórico 1 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA). 50
Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2020 (Histórico 2 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA). 51
Figura 3-4: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood). 53
Figura 3-5: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood). 54
Figura 3-6: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood). 55
Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood). 56
Figura 3-8: Almacenamiento de la CMP_{3d}, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3 para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood) 57
Figura 3-9: Caudal del Sistema de Drenajes MNO, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 60
Figura 3-10: Caudal de Afloramientos al pie del talud de camino minero, aguas abajo del MNO, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 61
Figura 3-11: Caudal de Afloramientos aguas abajo del MNO, AFL - Poza, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 62
Figura 3-12: Caudal Total sector El Churque, Drenajes (Weir) + Filtraciones (Seep), al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 63
Figura 3-13: Posición Relativa Descargas MN, respecto Sector AFL-Poza, situación con Embalse (ref. Google Earth, Wood) 64
Figura 3-14: Posición Relativa Descargas MN, respecto Sector AFL-Poza, situación sin Embalse (ref. Google Earth, Wood) 65
Figura 3-15: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles. 66
Figura 3-16: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación. 67
Figura 4-1: A) PVC lisos y ranurados; B) Grava; C) Terminación del Pozo 72
Figura 4-2: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.000, Wood). 73
Figura 4-3: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.001, Wood). 74
Figura 4-4: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2020.12.31 (Ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.000, Wood). 75
Figura 4-5: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros, Cuerda Vibrante Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.001, Wood). 76

Figura 4-6: MO; Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.000, Wood). 77
Figura 4-7: MO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.001, Wood). 78
Figura 4-8: MO(S), Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0010, Wood). 79
Figura 4-9: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, Wood). 80
Figura 4-10: MS, Sistema de Drenes Centrales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0004, Wood). 81
Figura 4-11: MP, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0002, Wood). 82
Figura 4-12: Plano E40165-840-R-PL-056_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31. 83
Figura 4-13: Detalle Habilitación Piezómetros Casagrande (por WSP, elevaciones de Plataforma según Figura 4-12). 84
Figura 4-14: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por Wood, elevaciones de Plataforma según Figura 4-12). 85
Figura 4-15: Grafico Piezométrico MN – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 86
Figura 4-16: Grafico Piezométrico MN, sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 87
Figura 4-17: Grafico Piezométrico MN, PE - 015 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 87
Figura 4-18: Grafico Piezométrico MN, PE - 016 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 88
Figura 4-19: Grafico Piezométrico MNO – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 89
Figura 4-20: Grafico Piezométrico MNO, sin El. Laguna – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 90
Figura 4-21: Grafico Piezométrico MNO, PE - 003 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 91
Figura 4-22: Grafico Piezométrico MNO, PE - 004 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 91
Figura 4-23: Grafico Piezométrico MNO, PE - 005 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 92
Figura 4-24: Grafico Piezométrico MNO, PE - 006 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 92
Figura 4-25: Grafico Piezométrico MNO, PE - 019 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 93
Figura 4-26: Grafico Piezométrico MNO, PE - 020 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 93
Figura 4-27: Grafico Piezométrico instrumentos de fibra óptica MNO / BS – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 95
Figura 4-28: Grafico Piezométrico instrumentos de fibra óptica MNO / BS, sin laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 95
Figura 4-29: Grafico Piezométrico MNO, DH4 (4100) y DH4 (4200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 96
Figura 4-30: Grafico Piezométrico BS, DH6 (6100) y DH6 (6200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 96

Figura 4-31: Grafico Piezométrico BS, DH8 (8100) y DH8 (8200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 97
Figura 4-32: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 MNO, al 04 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP)..... 98
Figura 4-33: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 MNO (detalle), al 04 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP). 98
Figura 4-34: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 BS, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2020 (ref. Monitoreo manual, Wood). 99
Figura 4-35: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 BS (detalle), al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2020 (ref. Monitoreo manual, Wood)..... 100
Figura 4-36: Grafico Piezométrico MO – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 101
Figura 4-37: Gráfico Piezométrico MO, sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 101
Figura 4-38: Grafico Piezométrico MO, PE - 009 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 102
Figura 4-39: Grafico Piezométrico MO, PE – 009A – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 102
Figura 4-40: Grafico Piezométrico MO, PE – 010 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 103
Figura 4-41: Grafico Piezométrico MO(S) – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 104
Figura 4-42: Grafico Piezométrico MO(S), sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 104
Figura 4-43: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. Wood) 106
Figura 4-44: Monolitos para control de Asentamientos – Etapa 3 plano AS Built al 31 de diciembre de 2016 (ref. Wood) 108
Figura 4-45: Perfil MN; MNO; BS; MO (ref. Wood)..... 109
Figura 4-46: Perfil MO(S) (15 mo) (ref. Wood). 110
Figura 4-47: Perfil MS (15 mo) (ref. Wood)..... 111
Figura 4-48: Esquemas de tipo de asentamientos estáticos). 113
Figura 4-49: Asentamientos totales (menores a 2,5%)..... 114
Figura 4-50: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%) 115
Figura 4-51: Asentamientos capa actual en comparación con asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales). 119
Figura 4-52: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos..... 120
Figura 4-53: Prismas para control de asentamientos y desplazamiento vectorial, Etapa 3..... 121
Figura 4-54: Asentamiento Prismas MN (20 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA). 123
Figura 4-55: Asentamiento Prismas MNO (24 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA). 124
Figura 4-56: Asentamiento Prismas BS (20 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA). 124
Figura 4-57: Asentamiento Prismas MO (24 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA)..... 125
Figura 4-58: Asentamiento Prismas MO(S) (6mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA)..... 125
Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2021.01.20 (ref. Control Batimétrico enero 2021, Teck CdA). 131
Figura 7-2: Elevación de la laguna de aguas claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood). 139
Figura 8-1: Registro sismo 16S.2015 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) 150
Figura 8-2: Registro sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA) 151
Figura 8-3: Registro sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones) 151

Figura 8-4: Desarrollo de la Laguna de Aguas Claras durante el Año 2020 (ref. presentación Desempeño 2020, GRB 2021, Wood). 154
Figura 8-5: Caudal de Afloramientos MN, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood) 158
Figura 8-6: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Detección, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood). 160
Figura 8-7: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Ubicación Relativa, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood). 161
Figura 8-8: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Detalle, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood). 161
Figura 8-9: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Aforador, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood). 162
Figura 8-10: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. Wood). .. 162
Figura 8-11: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Isotopía (ref. WSP). 163
Figura 8-12: MS, Secuencia Fotográfica Deslizamiento Cañería de Distribución de Relaves y Rasgadura Geomembrana (ref. Wood). 165
Figura 8-13: MS, Reparación Geomembrana Talud Aguas Arriba (1 / 2) (ref. V & S). 166
Figura 8-14: MS, Reparación Geomembrana Talud Aguas Arriba (2 / 2) (ref. V & S). 166
Figura 9-1: BS, As Built, Cobertura con Relleno de Transición, Plataforma al Coronamiento de la Etapa 3, El. 1.149.5 msnm, Planta (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0006.000, Wood) 175
Figura 9-2: BS, As Built, Cobertura con Relleno de Transición, Plataforma al Coronamiento de la Etapa 3, El. 1.149.5 msnm, Secciones (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0006.001, Wood) 176
Figura 9-3: Esquema construcción rampa de acceso a playa de relaves, en caso de un Sinkhole en playa de relaves (ref. Presentación E40221-0000-BA10-PRE-0009: “BS – Evaluación Geomembrana HDPE, Wood)) 178
Figura 9-4: Trinchera # 8, vista hacia el sur (ref. Inspección diaria TMF, Wood)) 179
Figura 9-5: Trinchera # 8A, vista hacia el oriente (ref. Inspección diaria TMF, Wood)) 179

0.0 RESUMEN EJECUTIVO / EXECUTIVE SUMMARY

En el presente informe se describen las observaciones y resultados de la Inspección Anual de Instalaciones de Relaves (ATFI[1] 2021) del depósito de relaves Teck CdA realizada por Wood el día 25 de enero de 2021, en la que participaron los Sres.: Marco Barrientos Reyes: Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood; Chile; Luis Alvarez Lepeley, Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile y John Pottie Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile

The current document describes observations and results obtained during the Annual Tailings Facility Inspection (ATFI[2] 2021), owned by Mining Company Teck CdA and carried out by Wood on January 25, 2021. The inspection was completed by: Mr. Marco Barrientos Reyes, Tailings Engineer, Manager of EoR Teck CdA project, Wood, Santiago, Chile; Mr. Luis Alvarez Lepeley, Civil Engineer, Head of the Field Office of EoR Teck CdA Project, Wood, Chile and John Pottie Geotechnical Engineering Manager, Teck Resources, Santiago, Chile.

El periodo de tiempo analizado corresponde al comprendido entre los días 01 de enero y 31 de diciembre de 2020, ambos días inclusive (366 días corridos).

The period analyzed spans from January 1 to December 31, 2020, both dates inclusive (366 calendar days).

Se deja establecido que desde el día 23 de marzo hasta el mes de octubre de 2020, se implementó en faena un plan de contingencia con motivo de la pandemia COVID 19, el que entre otras medidas contempló dotación mínima haciendo ingreso a faena, priorizando el teletrabajo para aquellos colaboradores no relacionados directamente con la operación de la planta concentradora. La construcción de las obras diferidas del embalse de relaves, se vio parcialmente afectada por esta medida.

From March 23 to October, 2020 a contingency plan was implemented on site due to the COVID 19 pandemic, which among other measures included minimum staffing able to enter the site, prioritizing teleworking for those employees not directly related to the operation of the concentrator plant. The construction of the deferred works of the tailings facility was partially affected by this measure.

Las actividades de monitoreo y vigilancia del embalse de relaves se desarrollaron normalmente durante toda la contingencia, por parte de personal del turno Teck CdA, con apoyo permanente de personal Wood debidamente autorizado para desarrollar tareas de manera presencial en el sitio.

The monitoring and surveillance activities of the TMF were normally carried out throughout the contingency, by Teck CdA personnel, with ongoing support from Wood personnel duly authorized to carry out tasks in person at the site.

El propósito de la inspección fue revisar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento

The purpose of the inspection was to review and assess the TMF's performance

[1] Conocida anteriormente como Inspección de Seguridad de Presas (DSI, por sus siglas en inglés para Dam Safety Inspection).

[2] Formerly known as Dam Safety Inspection (DSI).

y funcionamiento de la TMF en general, con una atención específica sobre la condición física a corto plazo y los resultados de la vigilancia.

Durante todo el 2020, el embalse puede almacenar de manera segura, tanto la crecida producto de una tormenta de 24h para periodos de retorno T_{50}, T_{100} y T_{200}, como aquella producto de un evento de precipitación máxima probable (PMP) con una duración de 3 días (PMP_{3d} = 809 mm).

La instrumentación mediante piezómetros de cuerda vibrante (12 c/u), Casagrande (2 c/u) y de fibra óptica (2 c/u), presenta lecturas estables, lo que significa que el nivel freático en el interior de los muros está controlado por el sistema de drenaje basal. En el sector del BS, el piezómetro DH-6 (6200) instalado bajo el nivel del sello de fundación, muestra actividad relacionada con el inicio del llenado con relaves sobre la plataforma operacional a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido.

El día 05 de septiembre de 2020, a las 21:16 h la TMF soportó, sin consecuencias sobre la estabilidad física de las instalaciones de relaves, un sismo interplaca subductivo de mediana intensidad, magnitud 6,3 (Mw), cuyo epicentro se ubicó a una profundidad focal de 30,0 km (según USGC), y a una distancia radial de 34 km aproximadamente hacia el sur poniente de la TMF.

La precipitación total anual acumulada para todo el año 2020 fue de 72,2 mm, equivalente a un 52% de la precipitación promedio en el sitio contemplada en el diseño, siendo la evaporación para el mismo periodo de 1.749 mm (balance negativo).

Los asentamientos de los muros registrados durante el 2020 están dentro de los rangos esperados por el diseño.

and operation suitability, with specific reference to the short term facility physical conditions and monitoring results.

During 2020 the deposit could safely store floods caused by 24h storms for T_{50}, T_{100} and T_{200} return periods, and that resulting from maximum probable precipitation events (PMP) of 3 day duration (PMP_{3d} = 809 mm).

Instrumentation by means of vibrating wire (12 ea), Casagrande (2 ea) and fiber optic (2 ea) piezometers, showed stable readings, which means that phreatic level within dams was controlled by the base drainage system. In the BS fiber optic piezometer DH-6 (6200) installed under the level of the waste dump foundation, shows activity related to the start of filling with tailings on the operational platform at the crest level of Stage 3 of deferred growth

On September 05, 2020, at 9:16 p.m., the TMF endured, without consequences to the physical stability of the tailings facilities, a subductive interplate earthquake of medium intensity, magnitude 6.3 (Mw), whose epicenter was located at a focal depth of 30.0 km (according to USGC), and at a radial distance of approximately 34 km to the south west of the TMF.

The annual total precipitation accumulated during of 2020 was 72.2 mm, equivalent to 52% average precipitation on site as estimated in the design. Evaporation for the same period was 1,749 mm, (negative balance).

Settlements recorded were within expected ranges, as per design.

En la inspección de terreno para el presente informe, no se detectaron condiciones de inestabilidad que pudieran indicar problemas con la integridad de los diferentes muros del embalse de relaves, encontrándose en general todos los muros en excelente estado.

A diferencia de los años anteriores, no se observaron agrietamientos en la zona de transición en los muros MN, BS, MNO y MO. Se debe continuar con la vigilancia diaria.

Se mantienen las filtraciones permanentes observadas al pie aguas abajo del muro MNO del orden de los 13 L/s y al pie aguas abajo del muro MN continúan siendo menores a 0,3 L/s, estas últimas están relacionadas directamente con los ciclos de operación de las descargas asociadas al muro MN (D2 y D3). La ausencia de filtraciones permanentes en el resto de los muros (excepto en el muro MNO) se debe principalmente a la elevación actual del pelo de agua de la laguna de agua y a la longitud de las playas de relaves por encima del nivel de agua en la laguna, lo que restringe las potenciales filtraciones, habiéndose verificado a lo largo de la operación pequeños cambios en la tasa de filtración.

Wood comprende y respalda plenamente el objetivo de largo plazo de Teck para todas sus instalaciones de relaves, es que cada TMF alcance el estado landform[3], con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. Wood actualmente considera cada uno de los muros del embalse de relaves de Carmen de Andacollo como estructuras landform dada su geometría y forma de construcción. Los trabajos actualmente en desarrollo enfocados hacia el objetivo de largo plazo, indicarán durante los períodos de los próximos informes ATFI anuales, si se ha logrado mantener el estado

During the field inspection carried out for this report, no instability conditions were observed, that could potential indicate problems with the integrity of the different dams in the tailings management facility. In general terms, all dams were found in excellent condition.

Unlike previous years, no cracking was observed in the transition zone of MN, BS, MNO and MO dams. Daily surveillance should be continued.

Permanent seepage observed downstream the MNO dam continued, in the order of 13 L/s. Seepage downstream of the MN dam toe continue to be less than 0.3 L/s. The latter is directly related to the operation cycles of discharges associated to MN dam (D2 and D3). The absence of permanent seepage in the remaining dams (MNO dam excluded), is mainly caused by the current water level and the tailings beach length, above the pond's water level, which restricts potential seepage flows. During operation, the seepage rate showed minor changes.

Wood understands, and fully support, that Teck's long-term goal for all of the tailings facilities is to reach landform status with all potential failure modes ultimately being reduced to non-credible. Wood considers each dam of Carmen de Andacollo tailings management facility a landform structure, given their geometry and construction procedure. Ongoing work aimed at these long term goals will indicate over subsequent annual reporting periods if the overall landform status has been achieved along with the

[3] Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.

general landform, junto con la eliminación de cualquier preocupación de falla creíble que contemple el vertimiento de fluidos aguas abajo de la TMF.

Respecto de la estabilidad física, se puede indicar que esta se basa en la calidad (naturaleza) de los materiales que conforman los muros o estructuras soportantes, junto con la geometría de estas. El diseño contempla para todos los muros la colocación en la cara de aguas arriba (interna) de un suelo de granulometría medio fino denominado relleno de transición, emplazando además la laguna de aguas claras alejada de los muros en condición operacional normal, con playas de relaves extensas apoyadas sobre los mismos. Todos los muros tienen un sistema de drenaje y un sistema de monitoreo piezométrico. Esta característica del diseño junto a la predominancia del enrocado estéril, aseguran el control del agua de infiltración y la evacuación controlada de forma de no generar altas presiones de poros que podrían reducir la capacidad resistente del material. La construcción de los muros y obras asociadas tienen un control de calidad y aseguramiento, que velan por el cumplimiento de planos y especificaciones; además de registrar los ajustes y modificaciones que se realizan con la aprobación del Ingeniero de Registro. En opinión de Wood, estas características del diseño junto al control de la construcción, el monitoreo del comportamiento y una operación controlada permiten minimizar el nivel de riesgo a niveles aceptables, ante cualquier peligro de estabilidad en estas estructuras. En opinión de Wood, al momento de escribir el presente informe la TMF no presenta modos de falla creíbles que puedan causar la pérdida catastrófica de agua y/o relaves hacia aguas abajo del embalse de relaves Teck CdA.

continued elimination of any credible flow failure concerns.

Physical stability is based on the quality (nature) of materials forming dams or supporting structures and their geometry. According to design, all dams should have, in the upstream (internal) face, fine grain size distribution soils, known as transition backfill. The operation pond should be located away from dams under normal operational condition, providing long tailings beaches supported on dams. All dams have drainage and a piezometric monitoring systems. The design characteristic and waste rockfill ensure seepage and evacuation control, by avoiding high pore pressures that may reduce the material resistance capacity. Dam construction and associated works have quality control and quality assurance procedures that ensure compliance of drawings and technical specifications. In addition to a procedure to record modifications and adjustments after receiving the Engineer of Record's approval. In Wood's opinion, the design together with the construction control, the performance monitoring and the controlled operation minimize the risk to accepted levels, for potential stability risks. In the opinion of Wood, at the time of writing, the TMF does not present credible failure modes that could cause catastrophic water and or tailings loss downstream the Teck CdA tailings facility

El comportamiento geotécnico del área del depósito durante el 2020 se considera satisfactorio y de acuerdo con la intención del diseño.

The geotechnical behavior of the deposit area during 2020 is considered satisfactory and according to design intent.

Una primera inspección DSR para la TMF en estudio, se realizó durante el Q3 del año 2.018 y estuvo a cargo de Arcadis Chile (ACL en adelante), habiendo Teck CdA avanzando de manera sistemática en cada una de las recomendaciones.

A first DSR inspection of TMF under study was completed in Q3, 2,018 by Arcadis Chile (ACL hereafter). Teck CdA systematically addressed all recommendations

El comportamiento observado del depósito está de acuerdo con lo esperado en el diseño y la operación de la TMF, la que se han desarrollado siguiendo las recomendaciones del manual OMS. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales. Las filtraciones que se registran en el depósito están dentro del rango estimado en el diseño.

The deposit performance observed is in accordance with the design and expected TMF operation. Activities were developed according to recommendations detailed in the OMS manual. Dam deformations observed, as the deposit grows, are considered normal. Seepage through the deposit observed is within the design range.

En opinión de Wood, no existen modos de falla catastróficos que puedan impactar la integridad de la instalación de relaves de Teck CdA, ocasionando la pérdida de agua y/o relaves hacia aguas abajo de la TMF.

In Wood's opinion, there are no catastrophic failure modes that could impact the integrity of the Teck CdA tailings facility, causing water and/or tailings loss downstream the TMF.

En el contexto del nuevo Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM, por sus siglas en inglés), todos los muros se evalúan como estructuras de extrema consecuencia, y deben ser diseñados para la Crecida Máxima Probable (PMF, por sus siglas en inglés) y el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés). El diseño de los muros del embalse de relaves Teck CdA considera actualmente estas cargas extremas.

In the context of the new Global Industry Standard on Tailings Management (GISTM), all dams are assessed as extreme consequence structures, and must be designed for Maximum Probable Flood (PMF) and Maximum Credible Earthquake (MCE). The design of the dams of the Teck CdA tailings facilities, currently considers these extreme loads.

Tabla 0-1: Resumen de Recomendaciones ATFI 2021.

Ítem	Área	Sub Ítem	Estructura	Detalle	Responsable	Fecha
1	Construcción	1.1	MN / MNO / BS / MO	Terminar la construcción del relleno de transición de la Etapa 4 de crecimiento diferido	Teck CdA	2021.Q3
		1.2	MN	Regularizar condición de los afloramientos aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		1.3	MN	Reparar la placa del aforador V – Notch aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		1.4	MN	Canalizar el agua del nuevo afloramiento al pie del camino minero, y recuperarla en la piscina colectora de drenajes aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		1.5	MO(S)	Terminar la impermeabilización del estribo sur.	Teck CdA	2021.Q2
		1.6	MS	Terminar la impermeabilización del muro	Teck CdA	2021.Q2
		1.7	BS	Recuperar revancha en el sector del rebose	Teck CdA	2021.Q1
2	Mantención	2.1	MNO	Realizar mantención al AFL - Poza aguas abajo del muro	Teck CdA - Wood	2021.Q2
		2.2	BS	Volver a Sellar con arena fina / media las grietas que se aprecian en la nariz del BS	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		2.3	TMF	Monitorear, Sellar / Reparar las grietas cuando se detecten	Teck CdA - Wood	Permanente
		2.4	MS	Sacar el aire atrapado bajo la lámina en el tramo central del muro, mediante la habilitación de venteos	Teck CdA - Wood	2021.Q2
3	Operación	3.1	TMF	Priorizar la descarga de relaves desde el sector norte y centro de la TMF, previo al periodo de lluvias	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		3.2	TMF	Movilizar el agua atrapada en laguna parásita al pie del futuro MP	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		3.3	TMF	Movilizar el agua atrapada en laguna parásita en el sector de la descarga D6	Teck CdA - Wood	2021.Q2
4	Estudios y Diseño	4.1	TMF	Optimizar la ubicación de las descargas adicionales durante la actualización del plan de llenado	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		4.2	TMF	Analizar cómo afecta en el proceso de depositación, el aumento de la concentración en peso (Cp) de los relaves descargados mediante el uso del reactivo Rheomax DR 1050	Teck CdA - Wood	2021.Q2
		4.3	MN / MNO / MO / MO(S) / MS / MP	Se debe mapear geológicamente y geotécnicamente el suelo de fundación previo a la construcción de los estribos	Teck CdA - Wood	Permanente
		4.4	MN	Realizar geofísica en el sector del Water Pond 7.000 m^3 para agua Fresca	Teck CdA	2021.Q2
		4.5	MO(S)	Analizar riesgo de la condición de montaje con una arruga longitudinal que se aprecia en el tramo central del muro	Wood	2021.Q3
		4.6	TRCH #8A	Evaluar el uso de una cortina flotante u otro sistema equivalente junto con el riesgo de no implementarlo	Wood	2021.Q2
		4.7	MP	Desarrollar la campaña de sondajes	Teck CdA	2021.Q2
		4.8	TMF	Analizar la posibilidad de habilitar un tercer acelerógrafo, en el Cerro Negro al poniente de la TMF	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		4.9	MNO	Analizar la influencia de los pozos de agotamiento en el sector "El Churque", respecto la humedad superficial en el sector AFL-Poza	Wood	2021.Q2
5	Monitoreo, Control y Vigilancia	5.1	BS	Monitorear con vuelo de dron el llenado con relaves de la plataforma, semanalmente	Teck - Wood	Permanente
		5.2	BS	Retomar el monitoreo del nivel agua en de la poza aguas arriba de la piscina colectora en el sector del afloramiento Orica, con frecuencia semanal.	Wood	Permanente
		5.3	TMF	Instalar los prismas distribuidos a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento diferido	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		5.4	MN / MNO / BS / MO	Formalizar la decisión de no perfilar la transición en los muros de los sectores norte y centro de la TMF	Wood	2021.Q2
		5.5	TMF	Retomar visitas semestrales del proveedor GeoMediciones	Teck CdA	2021.Q3
		5.6	MNO	Instalar en "El Churque", el acelerógrafo recientemente suministrado	Teck CdA	2021.Q3
		5.7	MNO / BS	Retirar el acelerógrafo existente en "El Churque" e instalarlo sobre la plataforma Pl. TK-042	Teck CdA	2021.Q3
		5.8	TMF	Implementar medidas que permitan mejorar la precisión de las lecturas de elevación a través de la estación total robotizada	Teck CdA - Wood	2021.Q3
		5.9	TMF	Mantener una longitud de playa mínima de 100 m	Teck CdA - Wood	Permanente

Chart 0-2: ATFI 2021 Recommendations Summary.

Item	Area	Sub Item	Structure	Detail	Responsible	Date
1	Construction	1.1	MN / MNO / BS / MO	Finish construction of transition backfill for the Stage 4 of deferred growth	Teck CdA	2021.Q3
		1.2	MN	Regularize condition of the seepage downstream of the dam	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		1.3	MN	Repair the plate of the weir (V - Notch) downstream of the dam	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		1.4	MN	Canalize the water from the new seepage at the foot of the mining road, and recover it to the drainage pond, downstream of the dam	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		1.5	MO(S)	Finish the placement of the Liner at the south abutment	Teck CdA	2021.Q2
		1.6	MS	Finish the placement of the Liner at the dam	Teck CdA	2021.Q2
		1.7	BS	Regain the freeboard at the TK-042 overflow sector	Teck CdA	2021.Q1
2	Maintenance	2.1	MNO	Perform maintenance to the AFL - Poza, downstream of the dam	Teck CdA - Wood	2021.Q2
		2.2	BS	Re-Seal with fine / medium sand the old cracks at the nose of BS	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		2.3	TMF	Monitoring, Seal / Repair cracks when detected	Teck CdA - Wood	Permanent
		2.4	MS	Release the air trapped under the liner in the central section of the dam, by enabling distributed vents	Teck CdA - Wood	2021.Q2
3	Operation	3.1	TMF	Prioritize the discharge of tailings from the north and center sectors of the TMF, prior to the rainy season	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		3.2	TMF	Mobilize the water trapped in a parasitic pond at the foot of the future MP	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		3.3	TMF	Mobilize the water trapped in a parasitic pond at the sector of the discharge D6	Teck CdA - Wood	2021.Q2
4	Design and Studies	4.1	TMF	Optimize the location of additional discharges in the update of the filling plan	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		4.2	TMF	Analyze how the increase in the Cp of the tailings discharged by using the Rheomax DR 1050 reagent affects the deposition process.	Teck CdA - Wood	2021.Q2
		4.3	MN / MNO / MO / MO(S) / MS / MP	The foundation soil must be mapped geologically and geotechnically prior to the construction of the abutments	Teck CdA - Wood	Permanent
		4.4	MN	Perform geophysics in the sector of the 7.000 m3 Water Pond for Fresh water	Teck CdA	2021.Q2
		4.5	MO(S)	Analyze the risk of the mounting condition with longitudinal crease that can be seen in the central section of the dam	Wood	2021.Q3
		4.6	TRCH #8A	Assess the use of a floating curtain or other equivalent system along with the risk of not implementing it	Wood	2021.Q2
		4.7	MP	Develop the drilling campaign	Teck CdA	2021.Q2
		4.8	TMF	Analyze the possibility of enabling a third accelerometer, in the Cerro Negro to the west of the TMF	Teck CdA - Wood	2021.Q4
		4.9	MNO	Analyze the influence of the mine dewatering wells in the "El Churque" sector, with respect to surface humidity in the AFL-Poza sector.	Wood	2021.Q2
5	Monitoring, Control and Surveillance	5.1	BS	Monitor the tailings filling of the platform, with weekly drone flights	Teck - Wood	Permanent
		5.2	BS	Resume monitoring of the water level in the control point upstream of the collecting pond in the Orica seepage sector, on a weekly basis	Wood	Permanent
		5.3	TMF	Install the distributed prisms at the crest elevation of the Stage 4 of deferred growth	Teck CdA - Wood	2021.Q1
		5.4	MN / MNO / BS / MO	Formalize the decision not to trim the transition in the dams of the north and center sectors of the TMF	Wood	2021.Q2
		5.5	TMF	Resume biannual visits from the GeoMediciones contractor	Teck CdA	2021.Q3
		5.6	MNO	Install in "El Churque", the recently supplied accelerometer	Teck CdA	2021.Q3
		5.7	MNO / BS	Remove the existing accelerograph in "El Churque" and install it on the platform Pl. TK-042	Teck CdA	2021.Q3
		5.8	TMF	Implement measures to improve the accuracy of elevation readings through the robotic total station	Teck CdA - Wood	2021.Q3
		5.9	TMF	Maintain a minimum beach length of 100 m	Teck CdA - Wood	Permanent

1.0 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se describen las observaciones y resultados de la Inspección Anual de Instalaciones de Relaves (en adelante ATFI[4] por sus siglas en inglés) del depósito de relaves de la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo (en adelante Teck CdA) realizada por Wood (ex Amec / ex Amec Foster Wheeler) durante el día 25 de enero de 2021, en la que participaron los Sres.: Marco Barrientos Reyes: Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile; Luis Alvarez Lepeley, Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile y al igual que en los cuatro (4) años anteriores, la inspección se realizó en forma conjunta con el Sr. John Pottie Gerente de Ingeniería Geotécnica, Teck Resources, Santiago de Chile.

Debido a la Contingencia COVID 19 y por pertenecer al grupo de riesgo, los Sres. Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro, Wood, Santiago de Chile; Mickey Davachi Ph. D, P. Eng, Principal Geotechnical Engineer, Wood, Calgary, Canadá y Sergio Barrera consultor senior de relaves, Wood, Santiago de Chile, no han podido participar de la visita como en los años anteriores.

Cabe destacar que la inspección de terreno estaba programada originalmente para los días 14 y 15 de diciembre de 2020, de modo de alinear la operación Teck CdA, con el resto de las operaciones Teck en el mundo, con el objetivo de disponer del informe final a fines del mes de marzo de cada año. La contingencia COVID 19 retrasó la visita a terreno, sin impactar el plazo de entrega final del presente reporte.

El periodo de tiempo que es materia de análisis en el presente reporte técnico corresponde a aquel comprendido entre los días 01 de enero y el 31 de diciembre de 2020, ambos días inclusive, lo que equivale a 366 días corridos. En todos los casos cuando a lo largo del texto se indique “al periodo” o “el periodo”, siempre se estará haciendo referencia de manera específica a dicho lapso, y de manera general al año 2020.

Se deja establecido que desde el día 23 de marzo hasta el mes de octubre, se implementó en faena un plan de contingencia con motivo de la pandemia COVID 19, el que entre otras medidas contempló dotación mínima haciendo ingreso a faena, priorizando el teletrabajo para aquellos colaboradores no relacionados directamente con la operación de la planta concentradora. La construcción de las obras diferidas del embalse de relaves, se vio parcialmente afectada por esta medida.

Se debe indicar que las actividades de monitoreo y vigilancia del embalse de relaves se desarrollaron normalmente durante toda la contingencia, por parte de personal del turno Teck CdA, con apoyo permanente de personal Wood debidamente autorizado para desarrollar tareas de manera presencial en el sitio.

[4] Conocida anteriormente como Inspección de Seguridad de Presas (DSI, por sus siglas en inglés para Dam Safety Inspection).

1.1. Propósito, alcance del trabajo y metodología

El propósito de la inspección fue realizar y evaluar que tan adecuados son el rendimiento y funcionamiento de la TMF en general, con una atención específica sobre la condición física a corto plazo y los resultados de la vigilancia. Para lograr lo anterior se utilizan como referencia los siguientes documentos:

Tabla 1-1: Documentos de Referencia.

Organismo	Descripción	Capítulo	Fecha
Teck	Guía para estructuras de retención de Relaves y Agua	5.2.3	Enero 2019
Teck	Gobernanza de Relaves en Teck	-	Marzo 2019
CDA	Dam Safety Guidelines 2007	-	2013 Edition
ICMM / UNEP / PRI	Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera	-	Agosto 2020

1.2. Abreviaturas

A continuación, se presenta la nomenclatura utilizada a lo largo del documento.

Tabla 1-2: Nomenclatura y Abreviaturas.

Ítem	Descripción
TMF	Depósito de Relaves (Instalaciones para manejo de Relaves)
MN	Muro norte
MNO	Muro nororiente
BS	Botadero sur
MO	Muro oriente
MO(S)	Sección sur del muro oriente
MC	Muro de cierre
MS	Muro sur
MP	Muro poniente
Psc	Piscina colectora de drenajes
Tch	Trinchera recuperación de agua
Afl	Afloramiento de agua
Chq	El Churque
R.Masivo	Relleno masivo
R.Trsc	Relleno de transición
R.Rec	Relleno de rectificación
GSt	Geosintéticos
GMn	Geomembrana
GTx	Geotextil
Ha	Hectárea
msnm	Metros sobre el nivel del mar
m^3 / Mm^3	Metros cúbicos / Millones de metros cúbicos
t / Mt	Toneladas / Millones de toneladas
tpd / ktpd	Toneladas por día / kilo toneladas por día
mo	Meses
Pl.	Plataforma

Ítem	Descripción
El.	Elevación
GRB	Geotechnical Review Board
SNGM	Sernageomin
MOP	Ministerio de Obras Públicas
DGA	Dirección General de Aguas
RCA	Resolución de Calificación Ambiental
Teck CdA	Compañía Minera Teck - Carmen de Andacollo
Teck	Teck Corporativo
VOp	Variables Operacionales
EOR	Ingeniero de Registro
Wood	ex Amec / ex Amec Foster Wheeler
MAC	Asociación Canadiense de Minería
CDA	Asociación Canadiense de Presas
DIA	Declaración de Impacto Ambiental
PMP / CMP	Precipitación / Crecida Máximo Probable en la cuenca del embalse
Thrust MCE (o MC)	Terremoto Interplaca Subductivo Máximo Creíble
Intraplaca MCE (o MC)	Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia Máximo Creíble
Thrust Op	Terremoto Interplaca Subductivo Operacional
Intraplaca Op	Terremoto Intraplaca de Profundidad Intermedia Operacional
SMC	Sismo Máximo Creíble
E1, E2, E3, E4, E5, E6	Etapa 1, Etapa 2, Etapa 3, Etapa4, Etapa 5 y Etapa 6 de crecimiento diferido.
DSR	Inspección de Seguridad de Depósito de Relaves
GISTM	Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera

1.3. Regulaciones aplicables al depósito de relaves

En Chile el diseño, construcción, operación y cierre de los depósitos de relaves está regulado por el Decreto Supremo 248. Este decreto divide los depósitos en cinco tipos principales: (1) tranques, (2) embalses, (3) relaves espesados, (4) relaves en pasta y (5) relaves filtrados. El depósito Carmen de Andacollo, por estar constituido sus muros con material de empréstito, más específicamente estéril de mina, entra en la categoría (2).

La normativa chilena no considera un análisis de riesgo (o las consecuencias de una liberación descontrolada de relaves, pulpa de relaves y/o agua) para clasificar el depósito, y que luego se utilice para definir los criterios de seguridad de las obras asociadas. Sin embargo, establece una distinción en la altura y tipo del muro para definir el nivel del análisis de estabilidad requerido para verificar la seguridad de la estructura. En el caso del embalse de relaves de Teck CdA, además del análisis estático, se requiere un análisis dinámico de estabilidad, para el que se adopta el acelerograma sintético del SMC debido a que los muros sobrepasan los 15 m de altura. Además, debe verificarse la estabilidad mediante un análisis post - sismo. En todos los análisis de carácter pseudo - estático se estipulan los factores de seguridad mínimos. Asimismo,

el artículo 14 del DS 248 exige la estimación de la denominada distancia peligrosa (ver capítulo 8.9), consistente en la determinación geométrica de la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave depositado en caso de colapso del depósito.

Para el manejo de las aguas naturales afluentes y efluentes del embalse, aplican las recomendaciones de la DGA. Este organismo entrega criterios de diseño para el dimensionamiento de los canales de desvío de las aguas naturales, así como para el evacuador de seguridad de manejo de aguas al interior del embalse en el caso que se requiriese. El decreto 50 (MOP, 2015) establece las condiciones técnicas que deberán cumplirse en el proyecto, construcción y operación de embalses de capacidad superior a 50.000 m^3 o cuyo muro tenga más de 5,00 m de altura, y según el artículo 12 del mencionado decreto, el embalse Teck Carmen de Andacollo corresponde a una obra categoría C (grandes) debido a que tiene más de 30 m de altura de muro o más de 60 Mm^3 de capacidad. Para esta categoría, se establece que la crecida de diseño para obras de evacuación y desagüe tiene un periodo de retorno de 10.000 años y el diseño debe ser verificado para la CMP (Art. 30 letras b y c, respectivamente). El reglamento también señala que en el caso que la CMP sea menor a la crecida asociada a un período de retorno de 10.000 años, se deberá usar este último valor como crecida de diseño. Cabe destacar que, durante la operación, el depósito de relaves Teck CdA no requiere un evacuador debido a la reducida cuenca aportante y la gran revancha que permite almacenar varias veces el volumen de la crecida de diseño (ítem 3.2 más adelante).

El reglamento de la DGA en su Artículo 30 letra d, también establece criterios para la revancha hidráulica mínima, entendida como la diferencia de elevaciones entre el coronamiento del muro y el nivel de aguas generado por la crecida de diseño, destacando la necesidad de incluir los siguientes aspectos adicionales en la estimación: (i) efecto del viento sobre la laguna, (ii) altura de la ola, (iii) asentamiento estático del muro, y finalmente (iv) asentamiento sísmico del muro; dejando establecido que el valor mínimo aceptado para la revancha será de 1,0 m. cuando del cálculo se obtengan valores inferiores a esa cifra.

El 05 de Agosto de 2020 el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM por sus siglas en inglés) lanza el Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera (GISTM por sus siglas en inglés), desarrollado en conjunto con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, por sus siglas en inglés) y Principios para la Inversión Responsable (PRI, por sus siglas en inglés). Este documento establece un estándar global sobre manejo integral de relaves, aplicable tanto a las instalaciones de relaves existentes, como futuras, independientemente de su ubicación, cubriendo todo el ciclo de vida de una TMF desde la selección del sitio, el diseño y la construcción, pasando por la gestión, el monitoreo y vigilancia, hasta el cierre y el post cierre. El plazo para su aplicación es de tres (3) años a partir de la fecha de lanzamientos, por lo que Teck CdA se están tomando las acciones necesarias para ajustarse al estándar en el tiempo establecido.

Para la evaluación de consecuencias del embalse de relaves Teck CdA, según el nuevo estándar, ver el capítulo 9.4.

1.4. Permisos

El estatus de los permisos para la TMF, se detalla a continuación.

Tabla 1-3: Gestión de Permisos al 31 de diciembre de 2020 (ref. manual OMS_ Wood).

Organismo	Descripción	Resolución N°	Fecha
COREMA	Resolución de Calificación Ambiental Proyecto Hipógeno	RCA 104	2007.06.13
DGA (MOP)	Construcción de Obras Hidráulicas, aprueba proyecto fase I	1.677	2008.07.08
	Recepción de Obras Hidráulicas, recepciona la construcción de la fase I	24	2010.01.12
	Construcción de Obras Hidráulicas, aprueba proyecto fase II	2.115	2013.07.15
	Recepción de Obras Hidráulicas, recepciona la construcción de la Etapa 2	198	2014.01.22
	Solicitud de modificación Cauce de la Plataforma Tubería de Recirculación de Aguas Claras y Camino Depósito de Relaves	235	2018.03.14
SNGM	Proyecto de Construcción depósito de Relaves (fase I)	923	2007.10.17
	Proyecto de Construcción depósito de Relaves (fase II)	1.050	2008.12.20
	Puesta en Servicio de Depósito de relaves	167	2010.01.19
	Plan de Cierre	1.680	2015.06.24
	Actualización Plan de Cierre	2.948	2019.11.26
SEREMI de SALUD	Proyecto Construcción Depósito de Relaves	5.985	2009.10.27
	Puesta en Servicio de Depósito de Relaves	946	2010.03.15

1.5. Descripción de las Instalaciones

La TMF se denomina embalse de relaves Carmen de Andacollo y su desarrollo contempla 6 etapas de crecimiento, para cumplir con la vida útil de diseño del proyecto de 21 años, a través de una capacidad final de almacenamiento de 416 Mt – 297 Mm^3, para el valor de la densidad seca de 1,40 t/m^3 (diseño).

El embalse de relaves está conformado por los muros poniente (MP), norte (MN), nororiente (MNO), oriente (MO) que incluye los tramos norte (MO(N)), centro (MO(C)) y sur (MO(S)) y sur (MS), incluyendo la estructura denominada Botadero Sur (BS) y un muro pequeño, denominado muro de cierre que se construye durante la etapa 6, hacia el poniente del estribo sur del Muro Oriente final.

En el nuevo contexto del Estándar Global de Relaves (GISTM), los muros deben ser diseñados para cargas extremas, es decir, para la Crecida Máxima Probable (PMF, por sus siglas en inglés) y para el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés), siendo este el caso de los muros del embalse de relaves Teck CdA.

Todos los muros son de empréstito, construidos mediante el método aguas abajo, con material estéril de mina, e impermeabilizados con geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, en el talud interno de la Etapa 1 de los muros MNO, el BS y MO, en todas las etapas (3 @ 6) para el MS, el MO(S) y también en todas las etapas (4 @ 6) para el MP[5]. El MC también considera impermeabilización completa de su talud interno.

Independientemente que el muro considere impermeabilización con liner o no, todos los muros se cubren en el talud interno con material de empréstito de baja permeabilidad, el que se denomina relleno de transición. La base de cada muro contempla un sistema de drenaje (tipo francés) diseñado con factor de seguridad hidráulica FS_H = 5, cuyo efluente es devuelto al proceso de la planta concentradora.

Los muros se construyen geométricamente con un talud aguas abajo 1,8 (H) / 1 (V), y taludes aguas arriba 2,0 (H) / 1 (V) cuando estén impermeabilizado con geomembrana[6] o 1,6 (H) / 1 (V) cuando el talud se cubra solo con relleno de transición. El ancho de coronamiento mínimo es de 50 m en etapas de crecimiento intermedias (1 @ 5) y de 30 m mínimo para la etapa final (6).

La elevación final de los muros corresponde a la cota 1.204 msnm y el diseño contempla operar con una revancha mínima de 3 m medida desde los relaves en contacto con los muros, de acuerdo con la recomendación del diseño sísmico basado en el análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble (MCE). Respecto de la revancha hidráulica, se debe cumplir con 1 m de revancha mínima, según el requerimiento normativo chileno.

La laguna de aguas claras se posiciona en todo momento equidistante y alejada de los muros, en la cola del embalse, contemplando la máxima recuperación de agua en el depósito. Ante eventos climatológicos extremos en todo momento se debe mantener una distancia mínima de 100 m desde el perímetro de la laguna de aguas claras hasta la cara del talud interno de cualquier muro no impermeabilizado.

De acuerdo con el diseño, la precipitación promedio anual en el sitio es de 140 mm, y la evaporación acumulada para el mismo periodo es de 2.300 mm.

[5] Dadas las condiciones topográficas del emplazamiento del MP, este no contempla Etapas 1 @ 3, iniciando su construcción en el Etapa 4 de crecimiento diferido.

[6] Salvo el MP el que se diseña impermeabilizado, con taludes 1,6 (H) / 1 (V).

Las principales obras que conforman el manejo de relave y la TMF en general corresponden a las siguientes:

- Muros del depósito, construidos con estéril de mina.
- Sistema de transporte (Impulsión y Distribución) de relave.
- Sistema de recuperación de aguas desde la laguna de clarificación.
- Sistema de agua para lavado y dilución.
- Sistema de drenaje.

2.0 CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN 2020

2.1. Depositación de Relaves

A continuación, se resumen los datos de depositación real y programada de acuerdo con el plan de llenado vigente actualizado el Q3 del año 2019, mediante el documento # E40165-840-R-TR-020_R0: “Actualización Plan de Llenado – Depósito de Relaves 2019”. Se presenta una sola tabla de control, para la condición de volumen operacional de laguna de 500.000 m^3, y que corresponde al caso desarrollado en el plan.

Como se puede apreciar en la Tabla 2-1, para el periodo programado de 366 días comprendido entre los meses de enero a diciembre de 2020, no existe déficit en la depositación, considerando que durante un año normal se producen cerca de 18 Mt de relaves al año. Ver Figura 2 – 3 para el emplazamiento de las descargas de relaves.

Tabla 2-1: Depositación real versus programada (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos).

Laguna 500.000 m3											Total
Descarga	**[#]**	**1**	**2**	**3**	**4**	**RS**	**5**	**6**	**7**	**8**	
Acum. Periodo	**[t]**	1.217.765	580.076	1.023.813	2.047.975	54.158	2.651.255	7.359.194	2.725.907	282.983	**17.943.126**
Planificado	**[%]**	17	6	16	22	10	9	12	8	0	**100**
	[t]	3.005.474	1.119.651	2.800.922	3.888.275	1.740.483	1.616.676	2.212.387	1.523.371	35.886	**17.943.126**
Restante		1.787.709	539.575	1.777.109	1.840.300	1.686.325	***- 1.034.579***	***- 5.146.807***	**- 1.202.536**	**- 247.097**	**0**
Operando Real / Descarga	**[d]**	25	12	21	42	1	54	150	56	6	**366**
Operando Real / Zona		99				205			61		**366**
Planificado / Zona		221				114			32		**366**
Restante (+/- 1)		121				***-92***			***-30***		**0**

Figura 2-1: Depositación real versus programada, por descarga (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos).

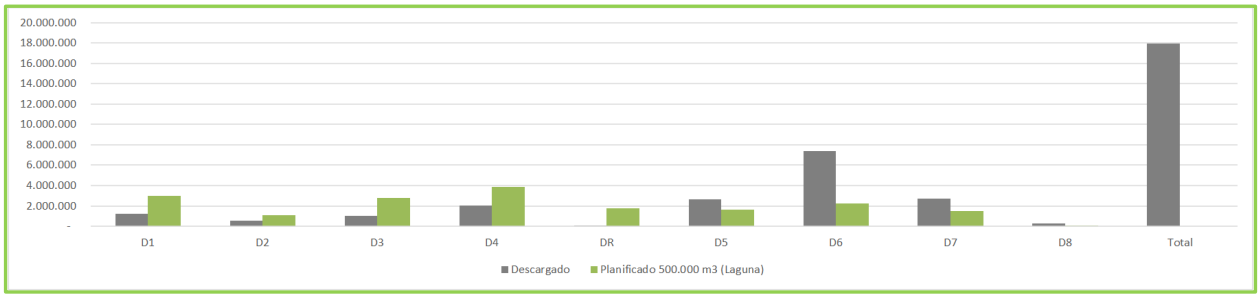


Figura 2-2: Depositación real versus programada, total por sector (ene. 2020 – dic. 2020, 366 días corridos).

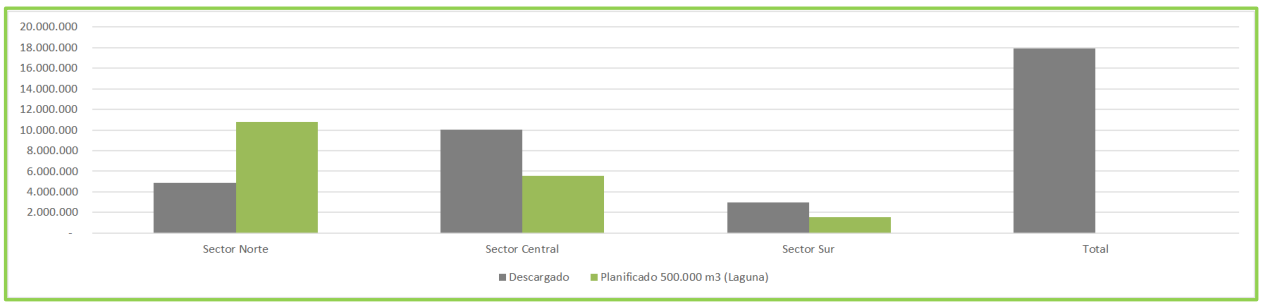


Figura 2-3: Ubicación Puntos de Descarga al 05 de diciembre de 2020 (ref. presentación Performance GRB 2021, Wood).

Se puede apreciar que algunos puntos, como la descarga D6, han recibido mucho más relave que los planeados. Por lo tanto, la operación se ha alejado del plan, en términos

de balance másico por sector de descarga, lo que no constituye un riesgo desde el punto de vista de la seguridad de las instalaciones.

Comparando la condición de depositación real que se verificó durante el periodo respecto del plan de llenado vigente, se tiene que para el sector norte del embalse (descargas D1 @ D4) se puede apreciar una diferencia del orden de los 121 días de depositación (déficit) entre cómo se planificó y como se operaron realmente las descargas. Del mismo modo, para el sector central del embalse (descargas D5, D6 y rebose) esta diferencia es del orden los 92 días (exceso) y para el sector sur del embalse (descargas D7 @ D8) se verifica una diferencia de 30 días de depositación (exceso). Este desbalance se explica principalmente por los trabajos en el sector norte del embalse, los que impidieron posicionar la cañería de distribución a la elevación de coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido en los muros MNO y MN, sino hasta el inicio del año 2021.

Dadas la contingencia COVID 19, las restricciones operacionales y de construcción que se verificaron durante el periodo, el cumplimiento del plan de llenado se considera suficiente.

2.2. Capacidad de Almacenamiento Remanente

La capacidad remanente del depósito de relaves en su condición actual se debe referenciar a la elevación de coronamiento que haya alcanzado el relleno de transición en cada uno de los muros, la cual, en todos los casos es mayor a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido (El. 1.149,5 msnm) para los muros del sector norte y centro de la TMF, y equivalente a la cota de coronamiento de la Etapa 4 (El. 1.162,5 msnm) en el caso de los muros del sur de la TMF (MO(S) y MS), lo anterior según sea el nivel de avance que se alcanzó para el relleno de transición en cada muro en particular y a la tasa de aumento de elevación del nivel del pelo de agua de la laguna de aguas claras durante el año 2020, equivalente a 3,16 m/año.

De acuerdo con el DS 248, se define la revancha como: *la diferencia menor, en cota, entre la línea de coronamiento del muro de contención y la superficie inmediatamente vecina de la fracción lamosa o de la superficie del agua, que se produce en los tranques y embalses de relaves.*

En función de la tasa de aumento detallada, en la Tabla 2-2 se indican las revanchas y tiempos remanentes de operación para, en cada uno de los muros del embalse, al 31 de diciembre de 2020.

Tabla 2-2: Revancha Operacional / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2020

	Coronamiento E4:	1.162,50 [msnm]			
Muro	Elevaciones		Crecimiento:	3,16 [m/año]	
	Playa	Transición	Revancha	Remanente	
	[msnm]		[m]	[año]	[meses]
MN	1.148,710	1.159,100	10,39	3,29	39,46
MNO	1.149,250	1.157,100	7,85	2,48	29,81
BS	1.150,100	1.153,900	3,80	1,20	14,43
MO	1.149,970	1.155,500	5,53	1,75	21,00
MO(S)	1.150,070	1.162,500	12,43	3,93	47,20
MS	1.147,950	1.162,500	14,55	4,60	55,25

Respecto de la revancha hidráulica, la cota del pelo de agua de la laguna de aguas claras al término del periodo corresponde a la El. 1.145,730 msnm lo que equivale a un remanente mínimo de 8,17 m, equivalente a 2,59 años de operación, en el caso del BS (TK-042) que incluye la revancha operacional y el volumen disponible para almacenar la Crecida Máxima.

Tabla 2-3: Revancha Hidráulica / Tiempo de Operación Remanente, al 31 de diciembre de 2020

	Coronamiento E4:	1.162,50 [msnm]			
Muro	Elevaciones		Crecimiento:	3,16 [m/año]	
	Pelo de agua	Transición	Revancha	Remanente	
	[msnm]		[m]	[año]	[meses]
MN	1.145,730	1.159,100	13,37	4,23	50,77
MNO	1.145,730	1.157,100	11,37	3,60	43,18
BS	1.145,730	1.153,900	8,17	2,59	31,03
MO	1.145,730	1.155,500	9,77	3,09	37,10
MO(S)	1.145,730	1.162,500	16,77	5,31	63,68
MS	1.145,730	1.162,500	16,77	5,31	63,68

Respecto de la capacidad remanente, al 31 de diciembre de 2020 se han depositado 178,66 Mt de relaves en el embalse, el diseño de la TMF considera una capacidad final de 416 Mt, por lo que el depósito al término de su vida útil, cuenta con una capacidad de almacenamiento remanente de 237,34 Mt. Respecto del volumen ocupado por los relaves dentro del depósito, la batimetría del 05 de diciembre de 2020 arrojó un total de 108,8 Mm^3 acumulados, lo que permite calcular un valor para la densidad seca de los relaves depositados (D_s) en torno a 1,64 t/m^3. Tal como se indicó en los documentos DSI anteriores, este valor se considera alto, sin embargo, la revisión desarrollada durante marzo de 2017, de los antecedentes y la metodología realizado por Wood, a la empresa encargada de realizar los controles batimétricos y levantamiento de playas (Gesecology, ahora GeoMonitoring), no presenta desviaciones que pudieran sugerir que dicho valor esté erróneo en sus procesos de cálculo. Durante el año 2018, Wood

revisó los hitos topográficos para monitoreo y control del embalse de relaves, descartándose que hubiera error en la elevación de alguno de los puntos de referencia, que pudiera ser traspasado al levantamiento general. Durante el trimestre Q4 del año 2018, se desarrolló trabajo de campo conjunto Gesecology (ahora GeoMonitoring) / Wood, para la oficialización del valor de densidad seca, que deberá ser utilizado en los futuros diseños, definiéndose el valor de referencia 1,55 t/m^3 al término del año 2018.

Utilizando dicha densidad los 237,34 Mt de relaves restantes a disponer al término de la vida útil proyectada del depósito, ocuparán un volumen de 153,12 Mm^3, esto sumado a los 108,8 Mm^3 ya depositados arroja un volumen total utilizado de 261,2 Mm^3, si lo comparamos con los 297 Mm^3 indicados en el diseño, en la Etapa 6 de crecimiento diferido el depósito tendría capacidad suficiente para admitir a lo menos 55,49 Mt (35,8 Mm^3) adicionales, totalizando un máximo teórico de 471,49 Mt, es decir un 13% más que la capacidad estimada por el diseño.

En el mes de Octubre del año 2020, comenzó la aplicación del producto Rheomax DR 1050, un agente floculante producido por BASF, que permite modificar la reología de los relaves al ser dosificado en el feedwell del espesador. Desde el inicio de su implementación, se ha logrado alcanzar concentraciones el peso (Cp) de hasta 65%, un 3% por sobre la concentración máxima que permitía operar el espesador sin que fallara por Torque (Cp= 62%). Por otro lado, al ser un modificador reológico, los relaves espesados hasta Cp =65% son impulsados hasta la TMF mediante las mismas bombas centrifugas diseñadas originalmente para el proyecto sin que fallen por amperaje, al conservar la Newtoneidad del fluido.

Con este cambio se busca una mayor recuperación de agua de los relaves en la misma planta concentradora, lo que es muy importante desde el punto de vista de la mejora de la eficiencia hídrica del proceso, un objetivo clave para la operación en el corto plazo. Del mismo modo, se espera que tenga un impacto en la depositación de los relaves dentro de la TMF, como por ejemplo en la inclinación de la pendiente de las playas, en la densidad seca a la que finalmente se acomodan los relaves en la cubeta y en la recuperación de agua desde la laguna de aguas claras. Por lo tanto, se recomienda que durante el próximo periodo (año 2021), se analicen en detalle estas variables, y otras de manera de entender el real impacto que tiene esta innovación respecto de la operación histórica de la TMF.

2.3. Construcción y Operación Durante el Período

2.3.1. Operación de Agua y Relaves

La TMF operó el año 2020 dentro de los límites definidos por las etapas 3 y 4 de crecimiento diferido, recibiendo un total de 17,94 Mt de relaves durante el periodo, a través de nueve (9) puntos de descarga distribuidas en el coronamiento de dichas etapas, correspondiente a la cota El. 1.149,5 msnm y 1.162,5 msnm respectivamente, acumulando dentro de la cubeta un total de 178,66 Mt de relaves al día 31 de diciembre de 2020. El embalse de relaves se divide en tres (3) sectores de depositación, el sector norte que (contempla las descargas D1, D2, D3 y D4) que acumuló un 27% de la descarga anual de relaves y los sectores centro (descargas D5, D6 y Rebose) y sur

(Descargas D7 y D8) que recibieron un 56% y 17% respectivamente. Se priorizó la descarga de relaves por el sector centro debido a los trabajos asociados a la Etapa 4 de crecimiento diferido en el muro norte, muro nororiente, tramo sur del muro oriente y en el muro sur, además, la operación prolongada desde el sector centro de la TMF permite generar una condición operacional favorable desde el punto de vista de la seguridad de las instalaciones, ya que genera un punto alto en la playa de relaves sobre la plataforma al coronamiento de la etapa 3 de crecimiento diferido del Botadero Sur, y aleja la laguna de aguas claras desde dicha estructura, en caso de la ocurrencia de eventos extremos de precipitación.

Durante el año 2020, el volumen de la laguna de agua recuperada varió entre un máximo de 0,42 Mm^3 en junio y un mínimo de 0,1 Mm^3 en mayo y fines de diciembre. La elevación del pelo de agua de la laguna varió entre las cotas El. 1.142,57 msnm y El. 1.145,73 msnm, para los días 15 de mayo y 15 de octubre respectivamente (incremento de 3,16 m/año). Al 31 de diciembre de 2020 el stock de agua acumulada en la laguna es de 0,1 Mm^3 aproximadamente.

Las bombas flotantes que recuperan el agua desde la laguna de aguas claras y la retornan al proceso de la planta concentradora, operaron durante todo el periodo en la trinchera #8. - #8A (ver capítulo 2.3.3).

La Trinchera # 9 en su posición de diseño original, deberá entrar en operación el Q3 del año 2021, en tanto la trinchera # 10 deberá comenzar a operar a mediados del año 2022, por lo que se proyecta su construcción para el Q1 de dicho año.

2.3.2. Construcción de Muros

- Relleno Masivo: Durante el año 2020 la flota de equipos mineros de Teck CdA construyó un total de 2,31 Mm^3 de relleno masivo, lo que equivale aproximadamente a 4,39 Mt de estéril seleccionado (densidad promedio 2020 ~ 1,9 t/m^3). Los muros que se construyeron durante el año fueron el norte, el nororiente, oriente y tramo sur del muro oriente. Salvo en el caso del muro nororiente y del muro Sur, en el resto de los muros las elevaciones sobrepasaron la Etapa 4 de crecimiento, correspondiente a la El. 1.162,5 msnm, el resumen del periodo por muro se detalla a continuación:

Tabla 2-4: Resumen Relleno Masivo, Etapa 4, año 2020.

Muro	Durante el Periodo		Total Acumulado	Descripción de los Trabajos
	Volumen [m3]	Tonelaje [t]	Volumen [m3]	
MN	452.617	859.972	4.054.501	Inicia construcción E5
MNO	136.266	258.905	18.783.504	Inicia construcción hasta pie E6, estribo sur empalme Pl. TK-042
MO	677.269	1.286.811	6.141.979	Continua construcción E5, parcelas aguas abajo
MO(S)	1.045.032	1.985.561	4.535.006	Inicia construcción E5
MS		-	1.014.411	Sin avance
Total	2.311.184	4.391.250	34.529.401	

- Corte y Retiro: En el mes de julio el contratista local Cooptrans finaliza los trabajos asociados al corte y retiro del relleno masivo sin compactar desde la

cara del talud interno de los muros, correspondiente a la Etapa 4 de crecimiento diferido, paso previo requerido para la posterior colocación del relleno de transición. Durante la Etapa 4 se removió un total de 265.744 m^3 de relleno masivo sin compactar, la cantidad total removida contempla un aumento del 2% por sobre la cantidad cubicada según diseño, lo que se considera aceptable para este tipo de trabajos. A continuación, se presenta el resumen de los trabajos, destacado en color verde se presentan los trabajos desarrollados durante el periodo:

Tabla 2-5: Resumen Corte y Retiro, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020.

Muro	Inicio	Término	Trabajo Efectivo	Volumen [m^3]		Rendimiento
	[dd-mm-aaaa]		[d]	Cubicado	Construido	[m^3/d]
MN	06-08-2018	12-11-2018	61	24.466	31.578	518
MNO	08-07-2019	10-10-2019	85	45.090	51.223	603
BS (Pl. TK-042)	09-06-2020	22-07-2020	25	13.954	10.014	401
MO	13-01-2020	20-05-2020	62	29.868	28.694	463
MO(S)	06-12-2017	21-03-2018	72	78.723	78.898	1.096
MS	21-11-2018	28-02-2019	68	67.420	65.337	961
		Total	**373**	**259.521**	**265.744**	

- Relleno de Transición: Durante el año 2020 el contratista Rentamaq continuó con la construcción de los rellenos de transición correspondientes a la Etapa 4 de crecimiento diferido. Los trabajos se suspendieron durante el mes de septiembre debido a ajuste presupuestario en la operación de Relaves Teck CdA. En ninguno de los muros del sector norte del embalse se logró finalizar el relleno de transición (muro norte, muro nororiente y muro oriente). El avance alcanzado para el relleno de transición de la Etapa 4 corresponde a un 78% de la cantidad cubicada según diseño, restando por colocar un volumen de 70.000 m^3 de relleno de transición compactado. Está programado retomar los trabajos durante el Q2 del año 2021. A continuación, se presenta el resumen para la Etapa 4, y destacado en color verde lo construido durante el periodo:

Tabla 2-6: Resumen Relleno de Transición, Etapa 4, al 31 de diciembre de 2020.

Muro	Inicio	Término	Trabajo Efectivo	Volumen [m^3]			Rendimiento	Capas	Cota Final
	[dd-mm-aaaa]		[d]	Cubicado	Construido	Pendiente	[m^3/d]	[#]	[msnm]
MP	-	-		3.123	-	3.123	-	-	-
MN	18-06-2019	23-06-2020	189	36.086	36.406	2.750	193	24	1.159,10
MNO	20-12-2019	02-10-2020	153	61.694	38.489	31.200	252	19	1.157,10
BS (Pl. TK-042)	03-09-2020	19-11-2020	31	14.998	3.633	10.000	117	11	1.153,90
MO	16-06-2020	01-10-2020	62	33.138	14.659	25.200	236	15	1.155,50
MO(S)	18-10-2018	22-03-2019	100	65.667	62.482	-	625	33	1.162,50
MS	14-03-2019	10-09-2019	124	47.847	48.500	-	391	33	1.162,50
		Total	**659**	**262.553**	**204.169**	**72.273**			

Ver Figuras 2-13 y 2-14 para el estatus del relleno de Transición en los muros de los sectores norte y centro de la TMF al 31 de diciembre de 2020.

- Perfilado: Posterior a la colocación del relleno de transición en el muro MN, se retiró parcialmente el sobre ancho de construcción. Los trabajos se suspenden durante el mes de agosto.

- Impermeabilización: Durante el año se desarrolló la impermeabilización con liner de la Etapa 4 del talud interno y de la plataforma operacional al coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, en el MO(S) y en el MS alcanzando al término del año 2020 un avance efectivo de un 90% y 99% por muro respectivamente. Está planificado que los trabajos finalicen durante el Q1 del año 2021.

- Drenajes: durante el año no se desarrollaron trabajos asociados a la construcción del sistema de drenaje de los muros del embalse de relaves.

- Conducción de agua recuperada: durante el año continúan los trabajos de construcción de obras de arte en las quebradas que atraviesa la plataforma de la cañería de agua recuperada.

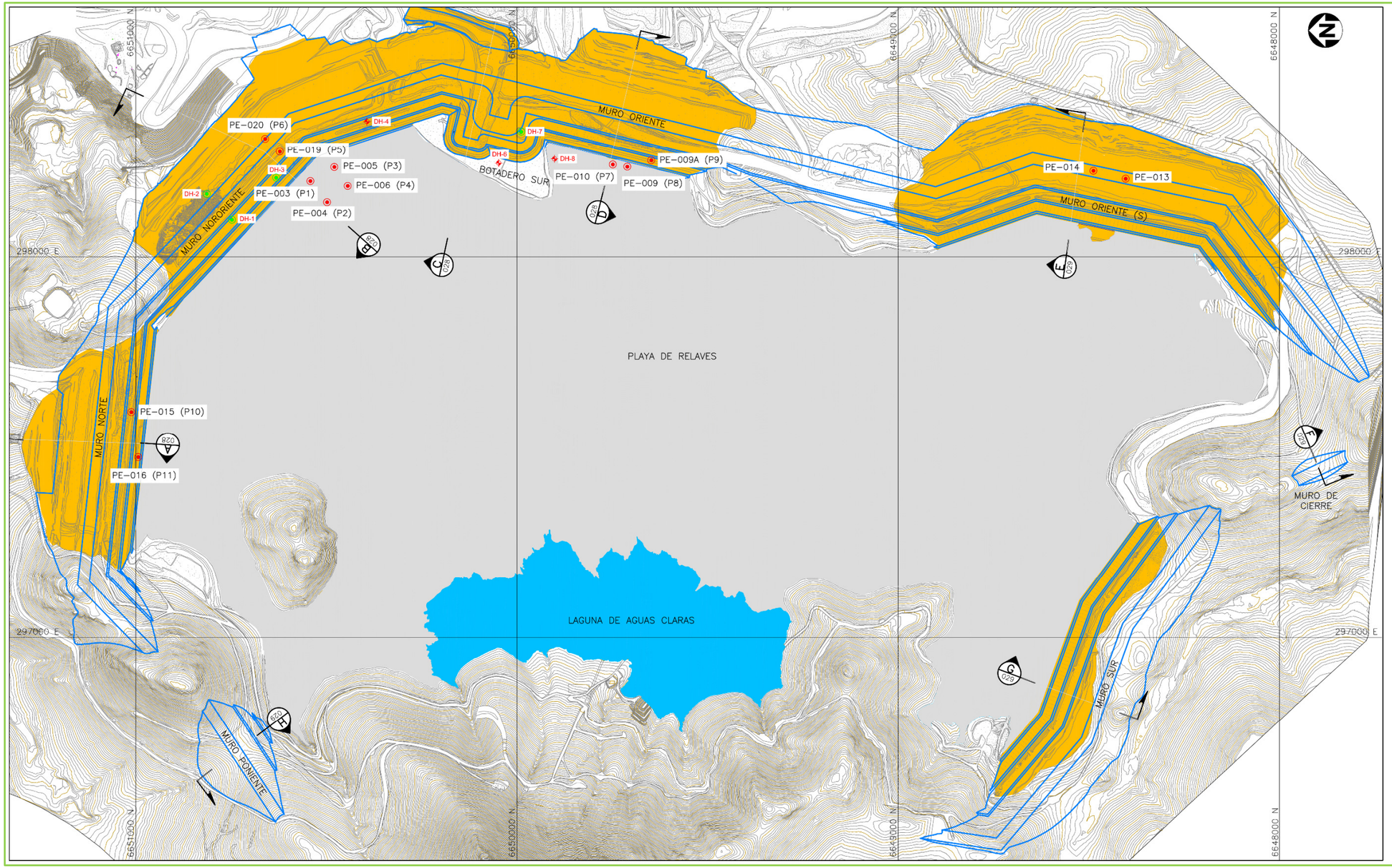
2.3.3. Construcción de Sistema de recuperación de Agua desde Laguna

La construcción de la trinchera #9 iniciada durante el año 2019, se detiene durante el periodo dado que la nueva posición propuesta generó requerimientos de permisos adicionales por parte de la autoridad. Debido a lo anterior, en octubre de 2020 se extendió la vida útil de la trinchera #8 hasta el mediados del año 2021, mediante la reubicación del manifold de la cañería de impulsión de agua recuperada a una nueva posición, 8,00 m aproximadamente por sobre la plataforma de operacional existente, a partir de este cambio en la posición del manifold, la trinchera cambia su denominación, por trinchera #8A.

2.4. Planta y Secciones Transversales Actualizadas

En las siguientes figuras se presenta la geometría de los muros del depósito actualizada al 31 de diciembre de 2020.

Figura 2-4: Planta Depósito de Relaves, al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0027_RB, GA 2020.Q4, Wood).



COORDENADAS PIEZOMETROS (DATUM PSAD56)			
CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MNO			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-003(P1)	6.650.542,28	298.198,47	1.054,53
PE-004(P2)	6.650.498,31	298.142,79	1.058,54
PE-005(P3)	6.650.479,44	298.235,43	1.058,17
PE-006(P4)	6.650.444,19	298.185,64	1.062,16
PE-019(P5)	6.650.622,35	298.276,23	1.048,62
PE-020(P6)	6.650.660,81	298.310,16	1.047,34

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MO			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-010(P7)	6.649.748,81	298.242,00	1.103,22
PE-009(P8)	6.649.710,90	298.236,19	1.110,05
PE-009A(P9)	6.649.647,81	298.253,03	1.120,95

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MN			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-015(P10)	6.651.011,81	297.591,35	1.129,80
PE-016(P11)	6.650.993,75	297.472,67	1.127,30

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS MO(S)			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-013	6.648.405,23	298.204,13	1.146,06
PE-014	6.648.488,94	298.226,95	1.145,14

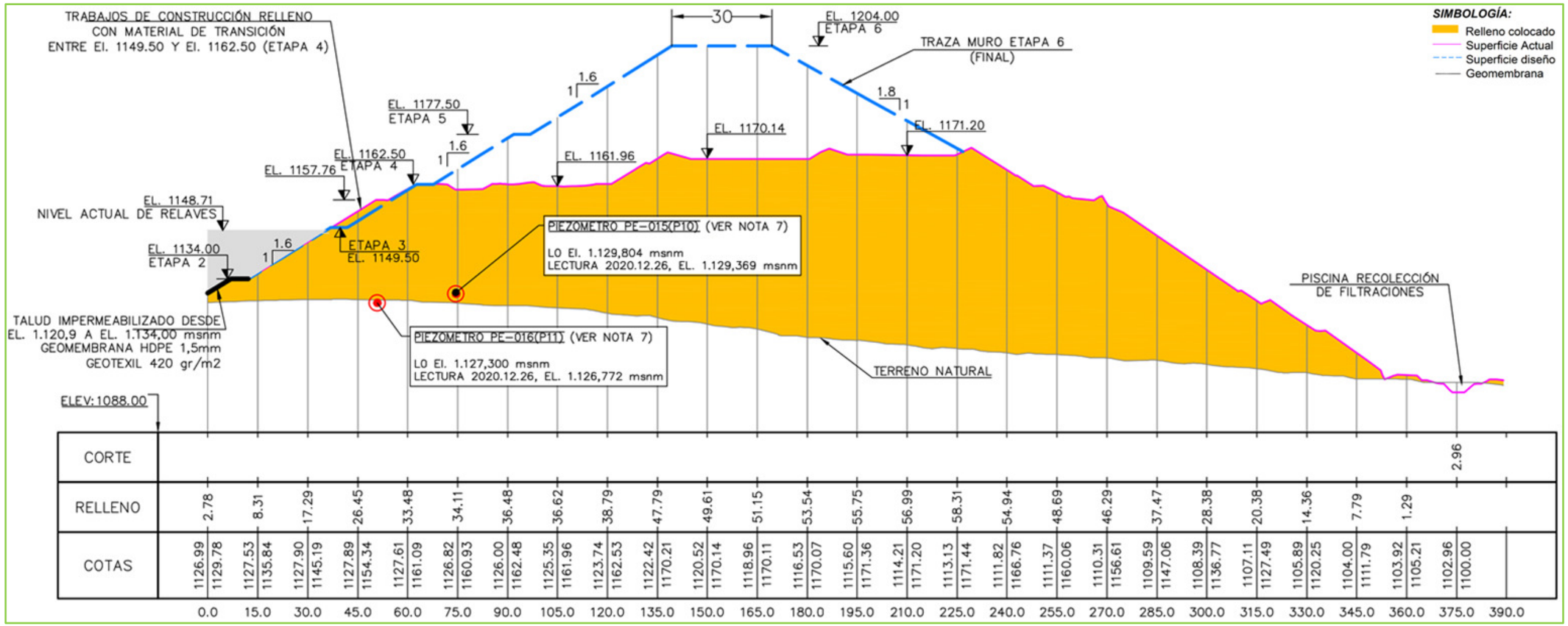
CAMPAÑA SONDAJES Y PRUEBAS DOWN HOLE			
PIEZOMETROS DE CUERDA VIBRANTE			
POZO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
DH-2	6.650.814,07	298.165,33	1.166,60
DH-4	6.650.393,93	298.355,55	1.155,88
DH-6	6.650.048,05	298.246,02	1.147,71
DH-8	6.649.901,53	298.256,79	1.141,00
POZOS CASAGRANDE			
POZO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
DH-1	6.650.748,44	298.096,61	1.161,33
DH-3	6.650.632,65	298.207,25	1.160,93
DH-7	6.649.988,98	298.328,49	1.148,35

Cantidad de relaves autorizado (Total)
416 Mt
Cantidad de relaves actual (Total)
178,66 Mt

LEYENDA

- Topografía
- Traza Muros Etapa 6 (final)
- Relleno de Avance al 2020.12.31
- PE-XXX(PXX) Piezómetro de cuerda vibrante:
  - PE-XXX Tag según proyecto
  - (PXX) # según E700
- DH-X Piezómetros de fibra óptica
- DH-X Pozos casagrande

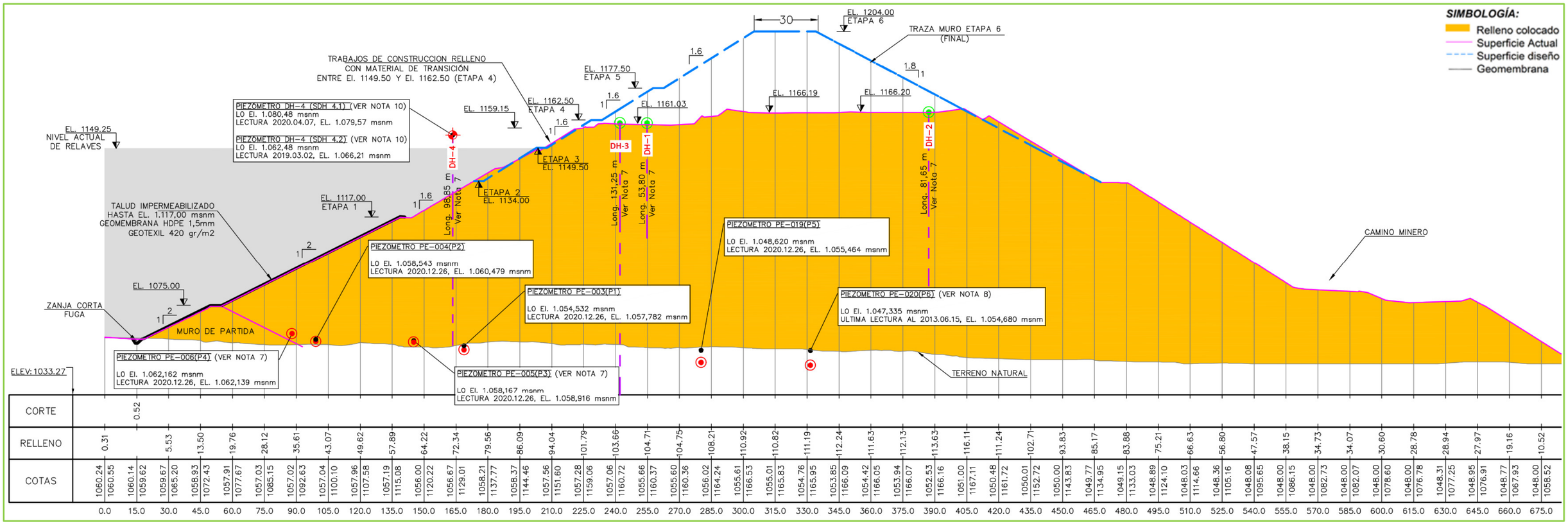
Figura 2-5: Sección A - A: Muro Norte (MN), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood).



Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba entre las cotas El 1.120,90 msnm. y el coronamiento de la Etapa 2 El. 1.134 msnm.; y

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección A – A, ver la Figura 2-4

Figura 2-6: Sección B - B: Muro Nor Oriente (MNO), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood)



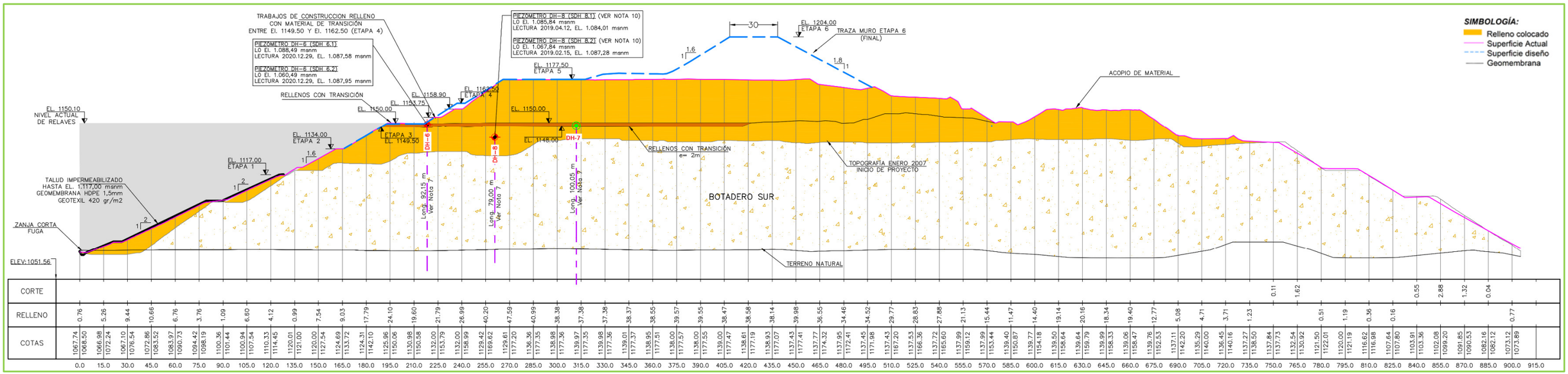
Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 msnm. (Etapa 1);

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección B – B, ver la Figura 2-4;

Nota 8: A partir de junio 2013, se pierde la señal del piezómetro PE-020 (P6); y

Nota 10: El 10 de marzo de 2019, se pierde la señal del piezómetro 4200 (DH04), instalado en la roca de fundación dentro del sondaje DH-04 y el 20 de abril de 2020, se pierde la señal del piezómetro 4100 (DH04), instalado en el relleno del MNO.

Figura 2-7: Sección C - C: Botadero Sur (BS), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood).

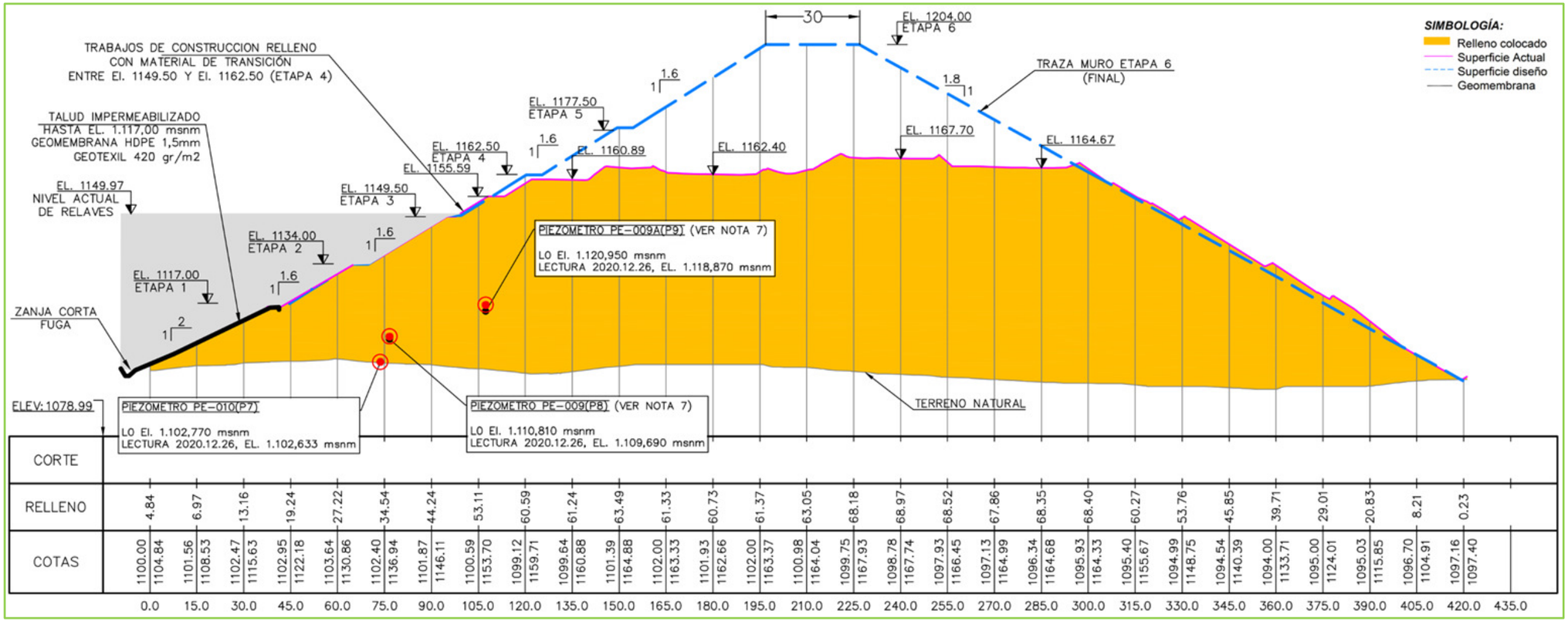


Nota Impermeabilización: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 msnm. (Etapa 1);

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección C – C, ver la Figura 2-4; y

Nota: A partir del 24 de febrero de 2019, se pierde la señal del piezómetro 8200 (DH08), instalado en la roca de fundación dentro del sondaje DH-08 y el 21 de abril de 2019, se pierde la señal del piezómetro 8100 (DH08), instalado en el relleno del BS dentro del sondaje DH-08.

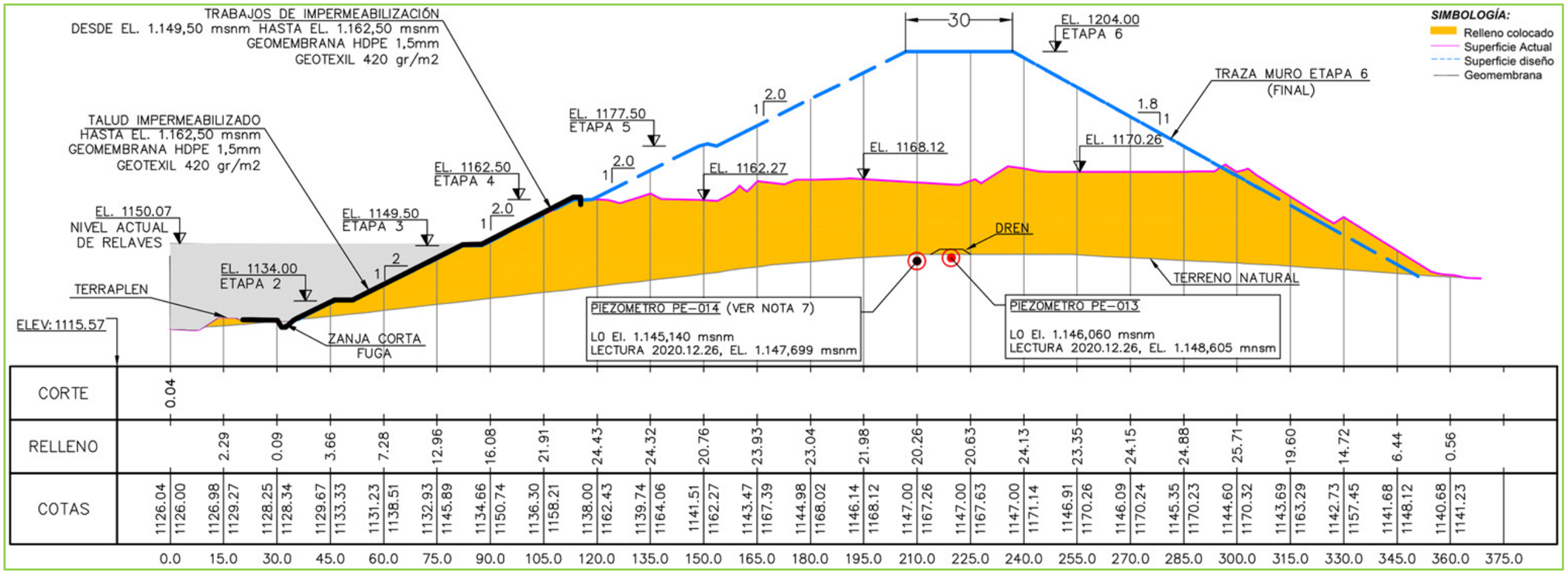
Figura 2-8: Sección D - D: Muro Oriente (MO), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0028_RB, GA 2020.Q4, Wood)



Nota: Se impermeabilizó con Geomembrana el talud aguas arriba hasta la cota El 1.117 msnm. (Etapa1); y

Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección D – D, ver la Figura 2-4.

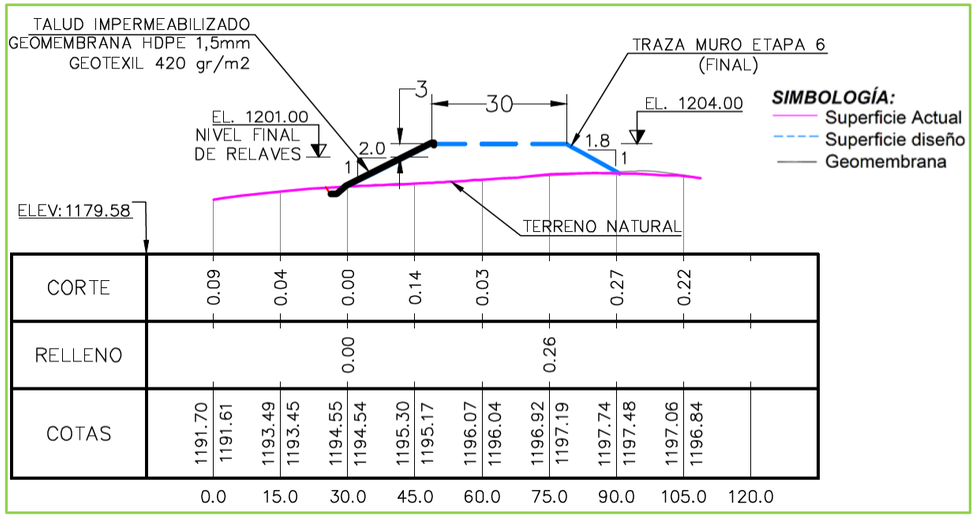
Figura 2-9: Sección E - E: Muro Oriente(Sur) (MO(S)), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood)



Nota: Se impermeabiliza con Geomembrana la cara completa del talud aguas arriba; y

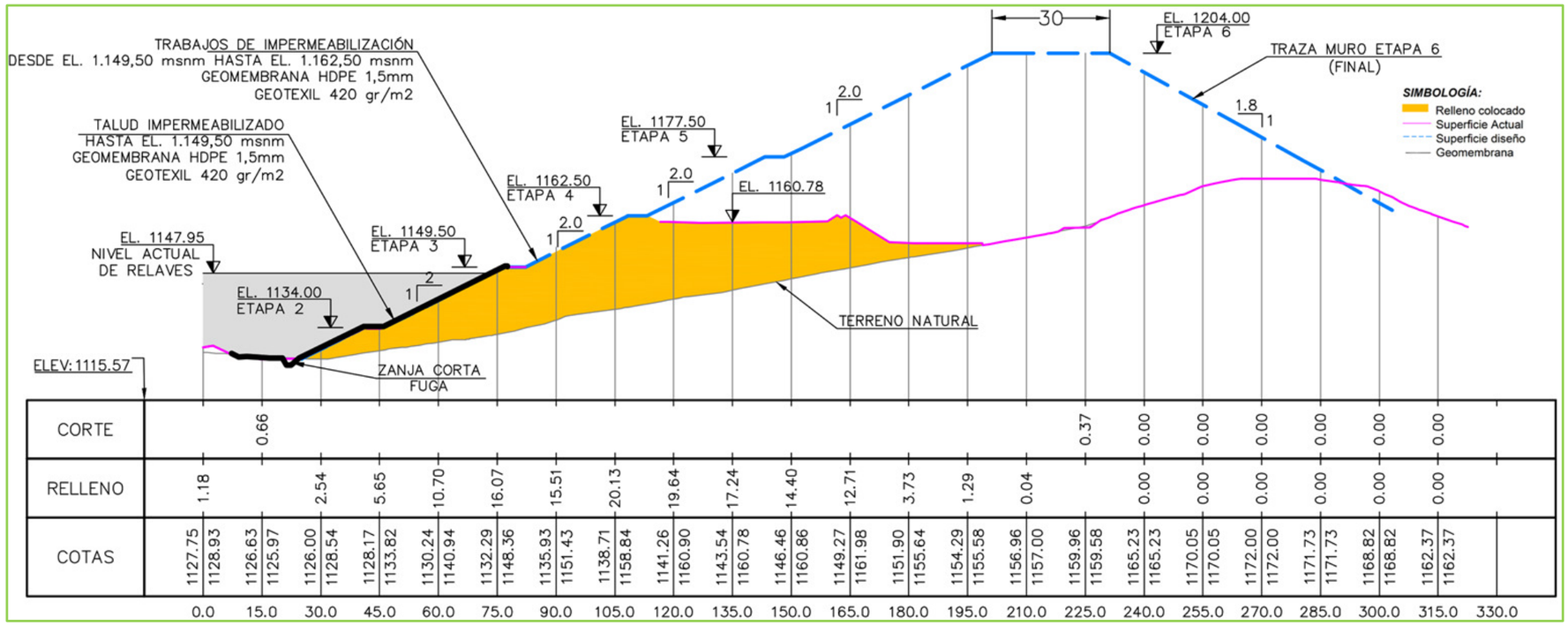
Nota 7: Los piezómetros indicados en las secciones se muestran referencialmente, debido a que no pasan exactamente por el perfil tomado, siendo las elevaciones las reales en el sitio, para su emplazamiento relativo respecto de la Sección E – E, ver la Figura 2-4.

Figura 2-10: Sección F - F: Muro de Cierre (MC), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood).



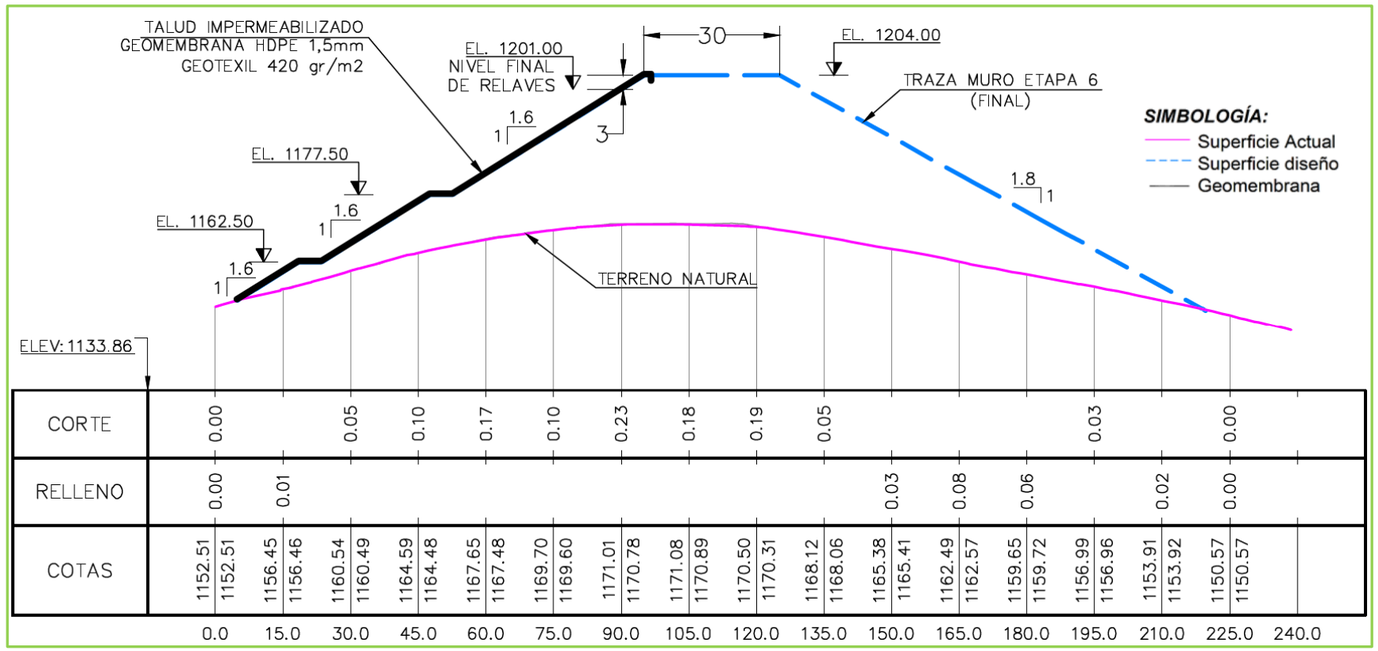
Nota emplazamiento: este muro se ubica entre el estribo sur del MO(S) y el estribo oriente del MS (ver Figura 2-4).

Figura 2-11: Sección G - G: Muro Sur (MS), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood)



Nota: Se impermeabiliza con Geomembrana la cara completa del talud aguas arriba, hasta la Etapa 6 inclusive.

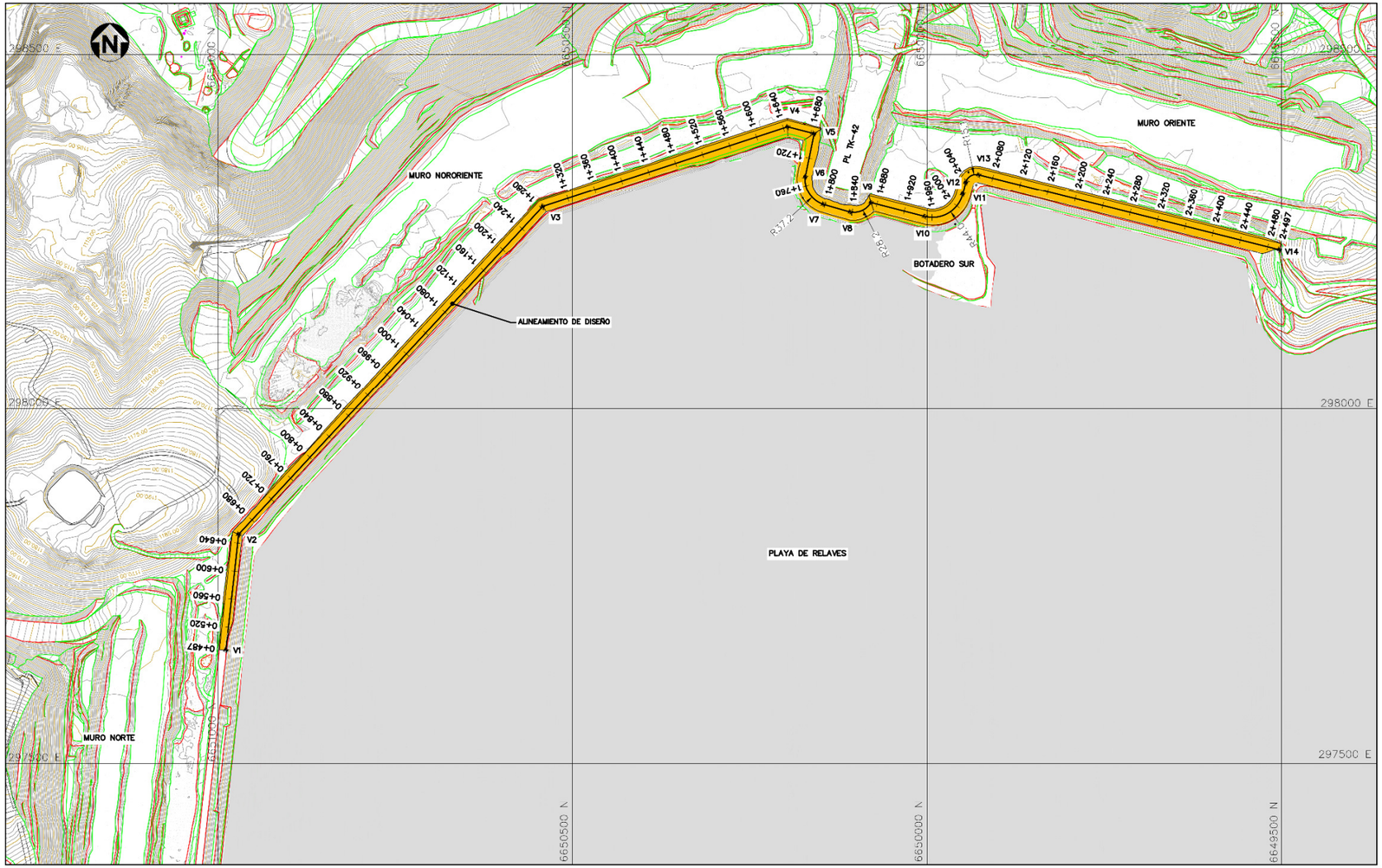
Figura 2-12: Sección H - H: Muro Poniente (MP), al 31 de diciembre de 2020 (ref. plano E40221-6000-FA00-GAD-0029_RB, GA 2020.Q4, Wood)



Nota: Se impermeabiliza completa con Geomembrana la cara del talud aguas arriba; y

Nota inicio Construcción: No presenta rellenos al momento de la visita de terreno, inicia construcción durante el año 2021.

Figura 2-13: TMF, Relleno de Transición Pendiente por Construir, Etapa 4, Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Planta (ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000_RC, Wood)



CUADRO DE COORDENADAS VERTICES Y TALUDES MUROS ETAPA 4					
MURO NORTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V1	6.650.988,75	297.659,24	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V2	6.650.970,71	297.823,16	1.162,50		
MURO NORORIENTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V2	6.650.970,71	297.823,16	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V3	6.650.541,79	298.285,49	1.162,50		
V4	6.650.196,65	298.398,20	1.162,50		
V5	6.650.159,16	298.388,85	1.162,50		
BOTADERO SUR				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V5	6.650.159,16	298.388,85	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V6	6.650.171,71	298.327,78	1.162,50		
V7	6.650.145,99	298.288,32	1.162,50		
V8	6.650.108,06	298.277,46	1.162,50		
V9	6.650.078,93	298.290,89	1.162,50		
MURO ORIENTE				Talud aguas arriba	Talud aguas abajo
Vertice	Norte	Este	Elevacion		
V9	6.650.078,93	298.290,89	1.162,50	1.6/1	1.8/1
V10	6.650.003,13	298.271,41	1.162,50		
V11	6.649.949,54	298.303,15	1.162,50		
V12	6.649.945,29	298.319,81	1.162,50		
V13	6.649.927,11	298.330,65	1.162,50		
V14	6.649.503,15	298.224,41	1.162,50		

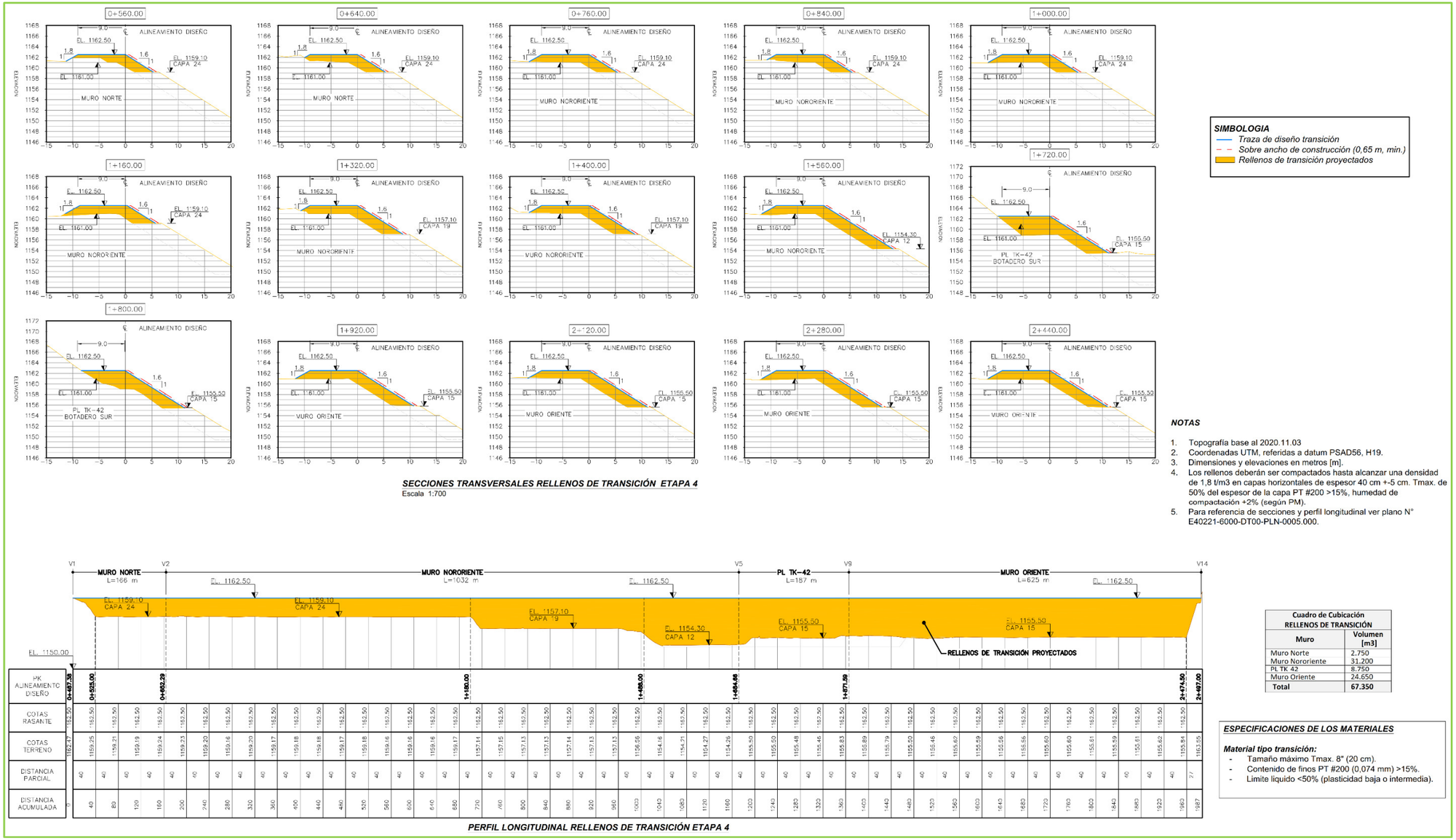
SIMBOLOGIA
- *Topografía curvas de nivel*
- *Playa de relaves*
- *Rellenos de transición proyectados*

PLANTA RELLENOS DE TRANSICIÓN ETAPA 4
Escala 1 : 6000

NOTAS

1. Topografía base a marzo 2021
2. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56, huso 19.
3. Dimensiones y elevaciones en metros [m].

Figura 2-14: TMF, Relleno de Transición Pendiente por Construir, Etapa 4, Muros MN, MNO, BS (Pl. TK-042), MO, Perfil Longitudinal y Secciones(ref. plano E40221-6000-DT00-PLN-0005.000_RC, Wood)



Cuadro de Cubicación RELLENOS DE TRANSICIÓN	
Muro	**Volumen [m3]**
Muro Norte	2.750
Muro Nororiente	31.200
PL TK 42	8.750
Muro Oriente	24.650
Total	**67.350**

ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Material tipo transición:

- Tamaño máximo Tmax. 8" (20 cm).
- Contenido de finos PT #200 (0,074 mm) >15%.
- Limite liquido <50% (plasticidad baja o intermedia).

2.5. Revisión de Datos y Registros

2.5.1. Inspecciones diarias

Como parte de las actividades asociadas al CQA de la construcción y el apoyo a la operación de la TMF, Wood realiza inspecciones y controles diarios de los frentes de construcción y operación, los cuales son reportados al departamento de Agua / Relaves y a la superintendencia de Recursos Hídricos Teck CdA, mediante el "Informe de Actividades y Controles Diarios" que se adjunta a un correo electrónico, enviado al término de cada jornada laboral. Las inspecciones incluyen, pero no se limitan, a:

- Rellenos masivos ejecutados por operaciones Mina de Teck CdA. Se realiza control de sobre tamaños, control topográfico de espesor de capas construidas y/o por construir, control topográfico del alineamiento aguas arriba y/o aguas abajo según corresponda, controles de compactación mediante reemplazo de agua (macrodensidad, anillo de 2 m de diámetro) realizados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de Terreno a cargo de la fundación Invecc, cada 200.000 m^3 de relleno masivo colocado y otros controles según se requiera;
- Rellenos de transición y/o rectificación ejecutados por contratistas de construcción, controles de compactación y granulometría de los materiales (realizados por laboratorio Invecc);
- Instalación de geosintéticos en la cara aguas arriba de los muros, piscinas, sistemas de captación y conducción de drenajes;
- Excavación y relleno de zanjas corta fugas, de anclaje superior, de anclaje inferior y de anclaje laterales;
- Construcción de sistema colector y de control de filtraciones (drenajes). Sin actividad de construcción al momento de la visita;
- Instalación y monitoreo de instrumentación geotécnica; y
- Respaldo fotográfico.

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, Wood realiza inspecciones diarias que incluyen:

- Control de la elevación de la laguna de aguas claras;
- Control de la elevación del relave en contacto con la descarga operativa;
- Control y registro del caudal de filtraciones (afloramientos y drenajes); y
- Control y registro de puntos de descarga operativos.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Embalse, personal de Wood (el supervisor de control de calidad geotécnico) una (1) vez al día) y personal de Teck CdA (operadores de relaves) tres (3) veces al día, realizan un recorrido general de las instalaciones, reportando en tiempo real cualquier desviación, al departamento de Agua y Relaves Teck CdA. En el caso de Wood dicha reportabilidad queda registrada mediante “Informe de Actividades y Controles Diarios” y en el caso de Teck CdA queda registrada mediante los formularios de inspección sugeridos en el manual OMS.

2.5.2. Inspecciones semanales

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, Wood realiza inspecciones semanales, las que incluyen:

- Control y registro de las lecturas piezométricas, y
- Control y registro de variables físico – químicas del agua de la laguna, afloramientos y drenajes.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, de manera semanal el personal de Wood realiza una inspección detallada, del tipo caminata de uno (1) o dos (2) de los muros que conforman la TMF. Las inspecciones, que se realizan a pie, quedan registradas en formularios específicos, idénticos a los utilizados durante la presente inspección ATFI 2021, y que se presentan en los anexos B1 a B6. Estas inspecciones incluyen pero no se limitan a:

- Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves;
- Coronamiento;
- Talud aguas Abajo;
- Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo);
- Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo);
- Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones; y
- Instrumentación.

2.5.3. Inspecciones mensuales

Asociadas al seguimiento operacional del Embalse, Teck CdA realiza inspecciones mensuales que incluyen:

- Control batimétrico y levantamiento de Playas; y
- Actualización del Balance de Agua.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de Wood completa mensualmente una inspección detallada (a pie) de todos los muros, según lo descrito en el ítem 2.5.2, las que se documentan en formularios específicos idénticos a los utilizados durante la presente inspección ATFI 2021, y que se presentan en los anexos B1 a B6.

2.5.4. Inspecciones trimestrales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Embalse, Teck CdA, realiza trimestralmente:

- Reporte de Estabilidad Geotécnica Corporativo.

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal de Wood realiza una inspección trimestral que incluye:

- Nivelación de los monolitos para control de asentamientos en todos los muros; y
- Rescate de los datos almacenados en el Acelerógrafo del MNO.

2.5.5. Inspecciones anuales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, el Sr. Luis Gonzalez Caro, M. Sc., Ingeniero de Registro, Wood, Santiago de Chile, realiza una inspección anual denominada:

- Inspección Anual de Instalaciones de Relaves, ATFI (por sus siglas en inglés).

Debido a la contingencia COVID 19 y por pertenecer al grupo de riesgo, el Sr. Luis González Caro no participa de la presente visita, siendo reemplazado en este caso particular por el Sr. Marco Barrientos Reyes, Ingeniero de Relaves, Wood Santiago, Chile, y gerente del proyecto E40221 denominado “Ingeniero de Registro y CQA Construcción, Depósito de Relaves Teck CdA”, vinculado al contrato CDA-009-20, de Compañía Minera Teck CdA.

El detalle de los hallazgos relativos al inspección ATFI 2021, se pueden encontrar en el capítulo 7.0.

2.5.6. Inspecciones quinquenales

Asociadas al seguimiento de seguridad del Depósito de Relaves, personal experto externo a la TMF, debe realizar una revisión cada cinco (5) años, de acuerdo con la más alta clasificación de consecuencias de alguno de los muros que constituyen el depósito de Relaves Teck CdA, denominada:

- Revisión de Seguridad del Depósito (DSR, por sus siglas en inglés).

El último DSR se realizó el año 2018 (Arcadis, ACL) y el detalle de la declaración (statement), así como el plan de acciones específicas ante sus recomendaciones se pueden encontrar en el capítulo 8.8.

2.5.7. En tiempo real

Durante el periodo Teck CdA continúa el monitoreo, contemplado en el proyecto TAPD2017, y que consiste en tecnología aplicada al depósito de relaves para el monitoreo continuo y en línea, mediante:

- Televigilancia por medio de cámaras de alta definición;
- Aplicación tecnológica al proceso de monitoreo de asentamientos y desplazamientos en los muros, con estación total robotizada, para lo que se instalaron prismas distribuidos principalmente al coronamiento de la E3 de crecimiento diferido (El. 1.149,5 msnm), sobre la plataforma operacional respectiva;
- Aplicación de telemetría para la captura de las cotas piezométricas y control de agrietamientos por medio de extensómetros, en forma inalámbrica y en tiempo real. Monitoreo de instrumentación, incluyendo piezómetros de cuerda vibrante y extensómetros; y
- Centralización de la información en software especializado Aris-G.

2.5.8. Extraordinarias

Para las inspecciones de seguridad extraordinarias se utilizará documento específico “Formulario de Inspección Extraordinaria, Situación Depósito de Relaves” (ver Figura 2-15). Estas inspecciones deben realizarse después de ocurrido un evento extraordinario como:

- Sismo > 6 (Mw);
- Lluvia > 30 mm/d;
- Viento fuerte;
- Explosión; y
- Otra condición inusual (por ejemplo, nieve).

Durante el período se realizó una (1) inspección extraordinaria, posterior al sismo magnitud 6,3 (Mw) del día 05 de septiembre de 2020, los hallazgos se detallan en el capítulo 8.5.2.2.

Figura 2-15: Ficha de Inspección Extraordinaria (ref. manual OMS_R4, Wood).

Ficha de Inspección Extraordinaria

Situación Depósitos de Relaves

Hoja _1_ de _2_

Empresa:	Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo					Coordenadas	Este:	297.500	
Nombre de Faena:	Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo						Norte:	6.650.000	
Nombre,RUT,Email y Dirección del Representante Legal	Manuel Ronaldo Novoa Villegas; 9.516.897-3;						Datum:	PSAD 56	
Camino a Chepiquilla S/N, Andacollo; manuel.novoa@teck.com						Telefono contacto:			
Nombre del depósito de relaves:	Depóstio Relaves Carmen de Andacollo					Fecha:			
Ubicación (región, provincia,comuna)	Coquimbo, Elqui, Andacollo					Altura Muro:		(m)	
Tipo de depósito:	X Embalse		Tranque		Filtrado		Espesado	Cota muro de partida:	1.075,00 (m.s.n.m)
Activo	X Si		No					Angulo de talud externo:	1,8 grados
Método de Construcción	Aguas arriba	X	Aguas Abajo		Eje Central			Pendiente muro (H:V):	1,6 / 1

ESTADO GENERAL DEL DEPÓSITO DE RELAVES

Muro

Estado de saturación	Seco		Húmedo		Saturado		Foto	Foto
Carcavas	Si		No	Profundidad	(m)			
				Largo:	(m)			
Impermeabilización aguas arriba muro	Si		No	HDPE espesor (mm):				
				Detalle:	de cada muro			
Altura de revancha de cada muro	Cumple		No cumple	Muro1 (MN):	(m)		Foto	Foto
	Cumple		No cumple	Muro2 (MNO):	(m)			
	Cumple		No cumple	Muro3 (BS):	(m)			
	Cumple		No cumple	Muro4 (MO):	(m)			
Pie del Talud	normal		Socavamiento				Foto	Foto
Estado Coronamiento	Seco		Saturado	Ancho:	(m)			
Observaciones:(presencia de grietas,erosión,filtraciones,carcavas,etc)								

Laguna de Aguas Claras

Ubicación respecto al muro	< 100 mts		> 100 m		metros	Foto
Area de la Laguna:	(m^2)					
Longitud playa :	(m)					
Funcionamiento Bombas	Normal		Sin Funcionar			
Observaciones (Sistema eléctrico Normal / Generador - Agua Sobrenadante):						

Ficha de Inspección Extraordinaria

Situación Depósitos de Relaves

Hoja _2_ de _2_

Drenes

Funcionamiento	Normal		< normal		> a lo normal	Foto
Agua de drenaje:	Clara		Semiturbia		turbia	
Observaciones						

Piezómetros

Tipo de piezometro	Cuerda vibrante		Casagrande			Foto
Cantidad	C. Vibrante		Casagrande			
Estado	Operativo		No Operativo			

Cota del Nivel freatico: (m.s.n.m)

Piezometro	P1 (PE-003):		Piezometro	P2 (PE-004):		Piezometro	P3 (PE-005):	
Piezometro	P4 (PE-006):		Piezometro	P5 (PE-019):		Piezometro	P6 (PE-020):	
Piezometro	P7 (PE-010):		Piezometro	P8 (PE-009):		Piezometro	P9 (PE-009A):	
Piezometro	P10 (PE-015):		Piezometro	P11 (PE-016):		Piezometro		

Control Sismográfico

Acelerografo (unidad)		Celdas de asentamiento		Placas de corrimiento	

Otra Obras

Vertedero de emergencia	Normal		Con sedimento		Relleno	Foto
Canal de contorno	Normal		Con sedimento		Relleno	
Piscina de emergencia	Normal		Con sedimento		Relleno	
Sistema de bombeo	Operativo		No Operativo			
Situación de cauces	Alejado del muro				Cercano al muro	

Distancia Peligrosa

Distancia	(km)		Plano
Plano hoya hidrográfica afectada por la trayectoria más probable del relave en caso de fallar el depósito:			
Estimación del % de humedad del muro (en tres puntos 1/3 y 2/3 de la altura del muro)	%		

Nombre Responsable Minera: Manuel Novoa Villegas

Firma

3.0 DATOS CLIMÁTICOS Y BALANCE DE AGUAS 2020

3.1. Resumen anual de datos climáticos y tendencia

Desde el 12 de julio de 2015, los datos de precipitación corresponden a los rescatados en la estación Andacollo [Collowara], publicados por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), www.ceazamet.cl, ver Figura 3-3, nota 5.

Durante el año 2020 se registró una precipitación acumulada de 72,2 mm, lo que equivale a un 290% más que el año 2019 y representa un 52 % de la media anual considerada en el diseño.

Respecto de la evaporación medida en tanque tipo A, alcanzó los 1.749 mm para los mismos 12 meses (4,79 mm/día en promedio) lo que equivale a un 2,5% más que el año 2019 y a un 76% de la media anual considerada en el diseño.

Tal como se indicó anteriormente, puede apreciarse que existe un balance negativo importante, esto implica que se debe realizar un adecuado manejo del depósito para minimizar las pérdidas por evaporación desde playas y laguna. Para ello, siempre es recomendable mantener una laguna de dimensiones cercanas a la mínima (250.000 m^3) y ciclos de descarga adecuados que minimicen las pérdidas por resaturación de playas. Se deben evitar las descargas simultáneas, metodología de operación no contemplada dentro de los criterios de diseño de la TMF.

A continuación, se presenta el balance de agua operacional histórico, que se actualiza en el sitio desde el inicio de la operación. En la Figura 3-2 se presenta el resumen de los datos mensuales históricos, y en la Figura 3-3 se presentan los datos meteorológicos de entrada del balance, así como las distintas constantes y criterios que se han aplicado, desde el año 2010 en adelante.

Figura 3-1: Esquema Principales Flujos (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA).

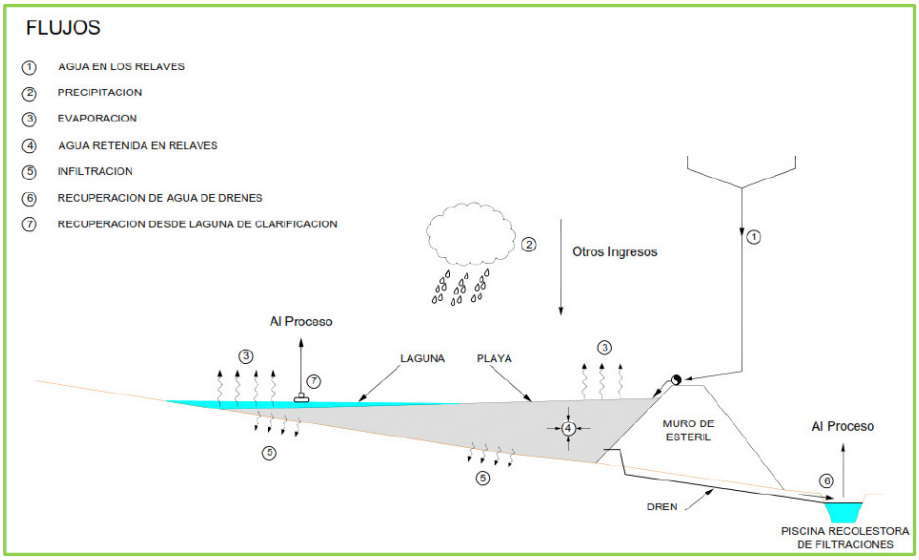


Figura 3-2: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2020 (Histórico 1 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA).

AÑO 2010	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-10	feb-10	mar-10	abr-10	may-10	jun-10	jul-10	ago-10	sep-10	oct-10	nov-10	dic-10	Total
Agua en Relaves		467.550	535.663	632.384	747.667	670.103	623.815	855.936	919.752	1.134.082	710.980	826.937	8.024.870
Precipitaciones		275	0	0	143.155	188.202	40.004	33.074	10.158	0	1.203	2.412	418.483
Agua Evaporada		25.242	36.300	33.990	28.432	21.118	22.087	36.087	54.187	87.619	114.561	66.487	-526.110
Agua Infiltrada		4.271	13.532	21.449	29.916	34.645	36.479	41.146	40.839	43.524	44.851	48.599	-359.252
Agua Retenida en Relave		153.947	220.305	264.993	384.523	238.262	316.427	521.859	580.374	663.961	332.241	456.779	-4.133.671
Agua en Drenes		5.457	9.327	17.980	17.299	17.780	16.691	15.472	14.337	14.723	13.699	14.001	-156.765
Agua Recuperada		576.285	301.622	248.400	504.552	398.520	362.571	686.520	666.648	930.412	598.212	806.520	-6.080.262
Otras Entradas		137.500	170.500	165.000	170.500	168.000	186.000	586.000	660.000	527.000	510.000	516.500	3.797.000
Balance	282.990	101.473	386.429	597.001	693.602	909.582	1.005.147	1.179.074	1.412.598	1.333.442	1.452.060	1.405.523	

AÑO 2011	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-11	feb-11	mar-11	abr-11	may-11	jun-11	jul-11	ago-11	sep-11	oct-11	nov-11	dic-11	Total
Agua en Relaves	957.564	889.789	964.064	845.443	858.115	777.586	802.520	950.917	839.987	960.185	809.684	847.182	10.503.034
Precipitaciones	0	912	2.444	1.228	308	459.819	101.634	19.594	0	42.282	0	0	628.220
Agua Evaporada	155.237	71.607	90.468	103.070	98.799	41.146	41.476	63.710	119.457	125.377	153.253	171.567	-1.235.166
Agua Infiltrada	52.300	50.860	60.443	52.851	58.882	68.737	71.662	74.793	83.431	90.347	85.344	86.582	-856.232
Agua Retenida en Relave	532.093	431.225	465.466	426.677	423.914	380.543	363.515	465.908	419.242	425.720	357.406	396.706	-5.088.413
Agua en Drenes	13.928	12.489	13.797	13.884	29.755	29.799	36.488	36.488	35.354	38.521	41.864	40.178	-342.433
Agua Recuperada	830.934	762.122	752.945	723.875	704.033	533.960	548.173	748.945	658.463	864.996	623.216	642.235	-8.393.897
Otras Entradas	511.500	462.000	511.500	495.000	467.500	375.000	387.500	471.500	483.000	589.000	570.000	589.000	5.912.500
Balance	1.290.195	1.314.594	1.409.492	1.420.805	1.421.346	1.979.567	2.209.908	2.262.076	2.269.116	2.315.623	2.434.222	2.533.137	

AÑO 2012	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-12	feb-12	mar-12	abr-12	may-12	jun-12	jul-12	ago-12	sep-12	oct-12	nov-12	dic-12	Total
Agua en Relaves	1.071.241	925.981	1.025.212	1.086.109	1.026.040	1.029.501	1.040.444	1.216.241	1.201.764	1.011.808	1.143.405	1.104.322	12.882.068
Precipitaciones	630	0	0	937	312	1.555	930	34.070	3.091	1.848	2.756	0	46.128
Agua Evaporada	167.203	151.663	132.133	60.432	64.922	57.029	57.990	49.455	91.122	122.576	131.680	163.140	-1.249.343
Agua Infiltrada	83.475	75.110	76.584	70.181	68.773	62.549	59.330	55.996	50.190	46.512	40.030	34.710	-723.439
Agua Retenida en Relave	444.930	365.341	377.319	429.707	390.415	415.372	401.153	456.251	477.188	327.876	474.499	407.862	-4.967.911
Agua en Drenes	12.129	11.336	12.982	14.088	16.243	17.457	19.951	22.013	17.441	15.643	14.974	15.336	-189.592
Agua Recuperada	786.654	806.215	898.310	986.632	945.110	983.705	958.255	967.196	1.120.919	891.450	1.034.769	973.927	-11.353.183
Otras Entradas	325.500	304.500	325.500	315.000	325.500	315.000	294.500	263.500	225.000	204.600	171.000	149.800	3.218.400
Balance	2.436.117	2.256.934	2.110.319	1.951.325	1.817.715	1.627.659	1.466.854	1.429.754	1.102.749	916.909	538.117	196.265	

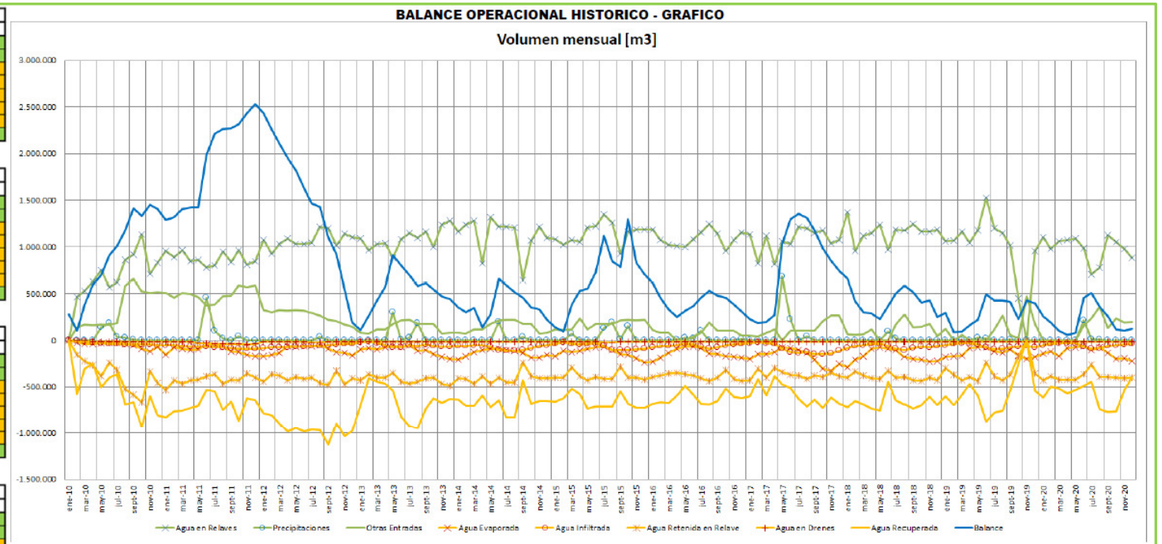
AÑO 2013	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	Total
Agua en Relaves	1.091.059	962.604	1.028.319	1.034.041	884.119	1.078.903	1.145.855	1.094.919	1.160.077	997.219	1.237.636	1.282.696	12.997.446
Precipitaciones	150	0	0	167	303.110	6.316	30.268	182.263	0	126	0	0	522.389
Agua Evaporada	98.890	82.877	95.988	69.995	58.302	65.053	49.310	109.880	105.499	147.244	175.266	197.268	-1.255.571
Agua Infiltrada	18.202	15.139	29.295	48.517	77.091	70.684	54.614	56.672	47.296	55.308	63.282	62.593	-598.693
Agua Retenida en Relave	429.002	363.881	400.461	401.555	344.391	446.096	463.162	442.381	407.867	399.330	468.992	484.613	-5.051.732
Agua en Drenes	15.358	13.866	15.324	14.860	15.454	15.042	15.584	15.548	15.053	15.596	15.511	16.218	-183.414
Agua Recuperada	694.150	403.276	443.531	468.802	538.477	819.525	927.665	942.804	729.482	623.483	672.809	629.556	-7.893.560
Otras Entradas	80.352	72.576	120.528	116.640	180.792	218.700	225.990	180.792	174.960	180.792	77.760	80.352	1.710.234
Balance	112.224	268.365	432.612	579.721	914.028	801.546	693.322	584.011	613.850	550.902	470.564	443.365	

AÑO 2014	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-14	feb-14	mar-14	abr-14	may-14	jun-14	jul-14	ago-14	sep-14	oct-14	nov-14	dic-14	Total
Agua en Relaves	1.159.447	1.238.298	1.280.500	820.034	1.315.456	1.216.024	1.210.617	1.207.013	643.703	1.062.486	1.213.479	1.092.516	13.459.573
Precipitaciones	0	0	0	0	0	201.610	657	3.277	35.509	1.304	0	0	242.357
Agua Evaporada	207.753	169.196	127.070	103.786	90.821	87.483	99.765	108.464	132.008	185.581	182.218	153.592	-1.647.737
Agua Infiltrada	60.873	57.382	49.179	50.169	58.786	103.507	110.593	110.593	105.552	78.290	59.188	50.795	-904.907
Agua Retenida en Relave	407.752	414.360	467.785	383.247	464.700	402.395	447.613	447.613	236.277	385.533	403.993	407.383	-4.868.652
Agua en Drenes	16.440	14.704	16.534	15.873	16.558	16.185	16.944	16.944	16.490	17.093	16.562	17.311	-197.638
Agua Recuperada	636.372	703.536	699.650	591.182	715.245	645.689	827.201	827.201	427.392	681.674	650.619	653.097	-8.058.859
Otras Entradas	80.352	72.576	120.528	116.640	180.792	218.700	225.990	225.990	176.418	180.792	77.760	80.352	1.756.890
Balance	353.973	305.669	346.478	138.894	279.033	660.108	595.256	520.721	458.631	355.042	333.702	224.392	

AÑO 2015	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-15	feb-15	mar-15	abr-15	may-15	jun-15	jul-15	ago-15	sep-15	oct-15	nov-15	dic-15	Total
Agua en Relaves	1.081.128	1.024.276	1.076.531	1.047.668	1.203.759	1.219.349	1.347.149	1.258.805	922.968	1.158.918	1.185.053	1.184.465	13.710.068
Precipitaciones	0	0	75.793	0	0	0	133.075	153.820	13.152	154.801	0	0	570.641
Agua Evaporada	171.065	109.634	122.338	109.248	89.732	76.708	64.319	101.860	146.467	157.263	189.470	238.141	-1.576.238
Agua Infiltrada	36.009	22.170	39.128	45.743	39.096	29.260	55.782	99.579	102.238	106.539	97.135	89.566	-762.235
Agua Retenida en Relave	402.085	402.296	290.062	384.812	430.360	394.220	416.375	412.485	280.826	397.802	395.900	419.901	-4.627.125
Agua en Drenes	17.469	15.680	17.631	17.195	17.960	17.404	18.040	18.146	17.574	17.476	16.592	17.082	-208.250
Agua Recuperada	661.378	623.152	516.639	577.760	728.664	706.077	712.331	709.583	547.384	681.886	724.684	723.618	-7.913.156
Otras Entradas	120.528	108.864	120.528	237.168	120.528	174.960	180.792	180.792	218.700	225.990	218.700	225.990	1.288.882
Balance	138.039	98.245	385.297	535.376	553.861	724.501	1.118.669	845.635	784.831	1.297.412	825.608	706.978	

AÑO 2016	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	Total
Agua en Relaves	1.182.656	1.071.811	1.020.629	1.006.659	1.002.641	1.078.823	1.151.863	1.245.457	1.138.850	953.310	1.076.029	1.151.155	13.079.883
Precipitaciones	2.409	0	0	6.351	32.234	24.411	105.450	0	0	0	0	11.788	182.642
Agua Evaporada	225.390	187.284	134.105	90.851	62.609	69.371	81.463	142.514	148.957	170.703	180.757	185.056	-1.679.060
Agua Infiltrada	75.687	58.211	55.823	49.500	40.056	46.760	66.912	86.506	77.146	51.354	42.152	35.648	-685.754
Agua Retenida en Relave	393.498	378.612	354.632	345.859	358.811	377.916	407.843	432.588	401.476	319.365	410.169	433.016	-4.613.785
Agua en Drenes	17.069	17.069	17.117	16.538	17.070	16.168	16.712	16.759	16.133	16.524	15.967	15.477	-199.603
Agua Recuperada	680.195	661.730	673.938	588.916	487.603	586.064	682.957	685.368	649.431	520.828	603.532	622.085	-7.441.667
Otras Entradas	112.995	79.279	94.746	0	0	43.760	84.785	190.766	102.563	105.981	102.563	52.991	960.428
Balance	613.198	461.381	331.142	252.488	321.213	371.909	458.120	530.609	479.878	460.394	386.409	310.062	

AÑO 2017	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-17	feb-17	mar-17	abr-17	may-17	jun-17	jul-17	ago-17	sep-17	oct-17	nov-17	dic-17	Total
Agua en Relaves	1.133.100	818.198	1.117.568	817.662	1.054.837	1.027.308	1.210.264	1.202.218	1.148.747	1.176.194	1.039.378	1.069.928	12.815.402
Precipitaciones	0	0	0	0	682.135	231.330	3.740	46.388	0	0	0	0	963.593
Agua Evaporada	195.932	148.053	144.832	123.807	70.782	82.432	104.829	135.291	208.146	301.966	322.214	254.009	-2.092.293
Agua Infiltrada	31.894	24.138	25.811	35.912	85.045	122.010	130.116	124.519	143.860	148.643	142.158	107.989	-1.122.094
Agua Retenida en Relave	425.227	306.304	400.497	297.215	343.086	370.239	378.896	414.528	378.281	390.367	344.519	386.444	-4.435.601
Agua en Drenes	16.207	14.875	16.810	16.044	16.658	16.198	16.407	16.150	15.604	15.663	16.465	16.500	-193.581
Agua Recuperada	596.146	415.025	594.331	386.033	470.384	507.665	631.578	709.554	635.764	724.965	613.576	683.828	-6.968.850
Otras Entradas	52.991	47.863	79.486	115.383	0	103.845	107.306	107.306	103.845	207.689	266.534	268.265	1.460.511
Balance	230.748	188.413	203.185	277.219	1.028.237	1.292.176	1.351.659	1.307.530	1.178.467	980.747	847.727	737.150	



AÑO 2018	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-18	feb-18	mar-18	abr-18	may-18	jun-18	jul-18	ago-18	sep-18	oct-18	nov-18	dic-18	Total
Agua en Relaves	1.366.499	956.962	1.118.390	1.149.141	1.234.604	973.284	1.181.874	1.177.053	1.245.097	1.162.493	1.163.760	1.184.444	13.913.603
Precipitaciones	0	0	0	0	0	99.923	24.347	0	990	0	0	0	125.260
Agua Evaporada	287.979	205.006	166.003	86.952	74.835	91.683	104.678	175.649	197.917	206.258	228.366	220.223	-2.045.550
Agua Infiltrada	83.086	55.410	52.371	37.422	35.925	56.152	85.568	100.278	83.406	69.778	71.391	56.964	-787.750
Agua Retenida en Relave	402.356	331.286	379.876	405.094	411.625	326.231	401.527	394.397	432.123	433.725	401.752	430.315	-4.750.310
Agua en Drenes	16.717	14.821	16.499	15.927	16.459	14.815	13.781	13.865	13.463	13.420	13.393	13.692	-176.853
Agua Recuperada	719.589	653.259	684.422	734.572	754.414	441.885	645.588	685.555	729.534	697.923	605.427	691.621	-8.043.790
Otras Entradas	67.066	60.576	67.066	115.383	0	0	171.690	274.703	144.240	149.048	180.300	46.578	1.276.650
Balance	660.988	418.745	305.030	289.586	230.931	373.373	500.142	582.153	516.037	406.474	430.264	248.410	

AÑO 2019	[m3/mo]												[m3/año]
Entrada / Salida	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sept-19	oct-19	nov-19	dic-19	Total
Agua en Relaves	1.068.664	1.066.420	1.165.646	1.043.551	1.180.027	1.525.708	1.201.194	1.149.676	1.010.354	452.633	0	955.614	11.810.888
Precipitaciones	0	0	1.579	0	33.488	19.091	0	0	5.926	0	0	0	60.080
Agua Evaporada	-176.181	-166.647	-158.652	-80.642	-74.547	-73.928	-117.723	-129.054	-95.347	-165.368	-196.696	-175.148	-1.609.934
Agua Infiltrada	-49.916	-36.063	-28.750	-28.631	-40.778	-70.875	-92.786	-86.427	-73.171	-63.592	-60.879	-73.634	-705.500
Agua Retenida en Relave	-297.142	-367.637	-427.326	-394.949	-436.961	-237.954	-385.107	-432.021	-365.787	-167.696	0	-358.239	-3.870.821
Agua en Drenes	-13.746	-12.541	-13.797	-13.306	-13.587	-13.191	-13.662	-13.359	-12.822	-13.373	-13.020	-13.338	-159.743
Agua Recuperada	-601.263	-692.583	-588.145	-464.106	-589.928	-874.365	-773.625	-754.454	-542.956	-249.869	0	-541.640	-6.669.934
Otras Entradas	128.088	0	56.344	0	0	0	116.444	267.821	56.344	24.416	472.605	174.800	1.296.760
Balance	298.914	89.863	99.163	161.082	218.794	493.279	428.013	430.195	412.735	229.883	431.792	400.206	

AÑO 2020	[m3/mo]												Total
Entrada / Salida	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sept-20	oct-20	nov-20	dic-20	[m3/año]
Agua en Relaves	1.104.366	977.579	1.058.416	1.074.086	1.085.993	984.251	704.249	774.635	1.125.796	1.047.702	974.904	883.412	11.795.389
Precipitaciones	0	0	0	0	0	212.314	15.235	9.723	0	0	0	0	237.273
Agua Evaporada	-141.282	-118.978	-166.605	-83.614	-72.506	-58.712	-106.081	-74.261	-133.556	-197.393	-194.965	-222.507	-1.570.458
Agua Infiltrada	-49.775	-33.956	-32.670	-29.609	-30.478	-63.645	-89.268	-80.982	-61.284	-53.802	-43.116	-35.685	-604.268
Agua Retenida en Relave	-427.272	-386.353	-419.756	-417.931	-418.388	-364.900	-257.871	-388.683	-392.656	-396.231	-407.122	-397.844	-4.675.008
Agua en Drenes	-13.401	-12.298	-13.115	-12.741	-12.614	-12.310	-12.725	-12.838	-12.136	-12.376	-12.159	-12.245	-150.957
Agua Recuperada	-610.934	-492.649	-517.620	-570.933	-531.098	-487.181	-439.906	-736.489	-765.677	-759.836	-528.909	-397.116	-6.838.348
Otras Entradas	0	0	0	0	0	166.360	240.289	360.433	130.802	236.534	194.568	201.054	1.529.041
Balance	261.909	195.254	103.904	83.163	84.072	459.250	513.172	364.711	256.000	120.598	103.800	122.870	

Figura 3-3: Balance Operacional Depósito de Relaves Teck CdA, al 31 de diciembre de 2020 (Histórico 2 de 2) (ref. balance operacional de faena para el Embalse de Relaves, Teck CdA).

NOTAS:

1.- Tasa de Evaporación hasta el 31 de agosto de 2011, según Tabla 1 'Evaporación Media Mensual' (ref. Balance Hídrico de Chile', MOP – DGA, 1987),

2.- Tasa de Evaporación desde el 01 de septiembre de 2011, según datos obtenidos en estaciones meteorológicas de faena (ex Garita y Mina), mostrados en gráfico 'Evaporación Diaria [mm]',

3.- Precipitación hasta el 30 de diciembre de 2011, según Tabla 2 'Precipitación Media Mensual', obtenida de la estadística disponible entre los años 1963 – 1997 (ref. 'Informe Estudio Hidrológico, Informe Final Línea Base' (05 0983 01), Proyecto Hipógeno, preparado por SIGA Consultores S.A., para CMA, Noviembre 2.005),

4.- Precipitación entre el 31 de diciembre de 2001 y el 11 de julio de 2015, según datos obtenidos en estación meteorológica de faena (ex Garita), mostrados en gráfico 'Precipitación Diaria [mm]',

5.- Precipitación desde el 12 de julio de 2015, según datos para Andacollo entregados por el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA), www.ceazamet.cl,

6.- Permeabilidad Terreno Natural: 4,6 x 10^{-4} cm/s, según Tabla 3 'Pruebas de Infiltración' medidos in situ (ref. Informe Técnico 'Laguna inicial para Puesta en Marcha' proyecto Hipógeno, 2007.03.03),

7.- Permeabilidad Relaves: 5,6 x 10^{-5} cm/s, según Tabla 4 'Ensayo Cilindros Concéntricos Detalle de Infiltración' medidos in situ (ref. Informe de Ensayo N° ST. 13 – 8084, 2013.03.18, 19 y 20). Cae señalar que esta media en el sector de playa cerca de la D5, es decir es representativa de la fracción más gruesa del relave.

8.- Para la Evaporación, Coeficiente de Tanque: Kt = 0,85,

9.- Para la Evaporación, Coeficiente de Laguna: Kl = 1,

10.- Para la Evaporación, Coeficiente de Playa: Kp = 0,26,

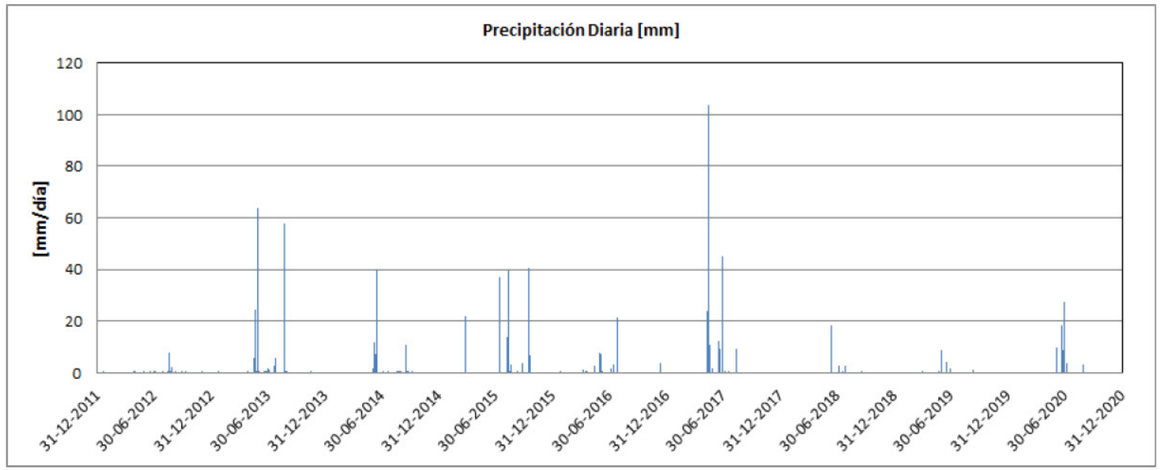
11.- Otras entradas: se refiere a otros ingresos de agua de proceso al embalse tales como agua de lavado de la línea de distribución y/o agua de dilución en el cajón de distribución de relave.

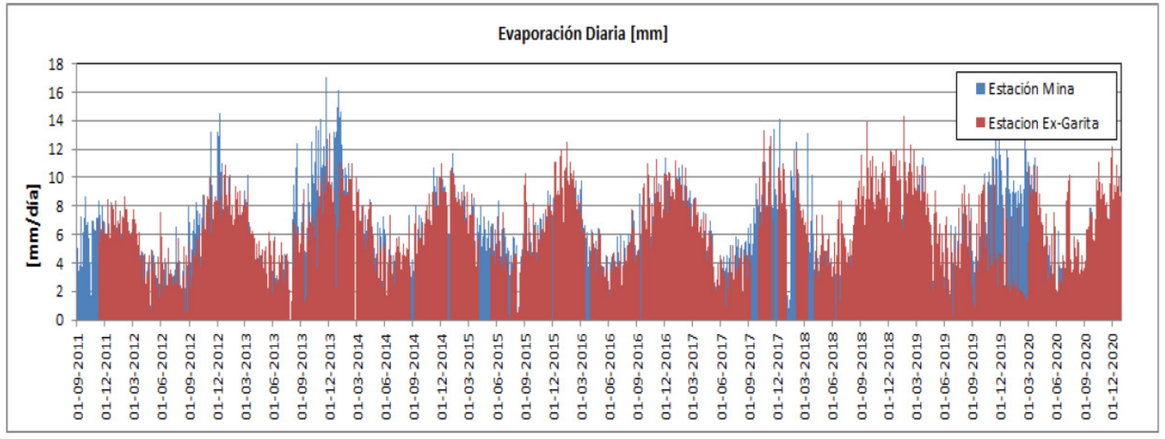
12.- La Infiltración del embalse se infiere indirectamente mediante la siguiente formula:

Infiltración [m^3/d] = P_{BL} * S_{lac} * 864 [s-m /cm-d]

donde:
S_{lac} : Superficie de Laguna [m^2];
P_{BL}: Permeabilidad Bajo Laguna= 4,6 x 10^{-6} [cm/s];

La permeabilidad bajo laguna se estima a partir del tipo de terreno sobre el cual se posiciona la laguna de aguas claras, es decir roca meteorizada con mínima cobertura de terreno natural y cubierta de la fracción más fina del relave, distinta de la indicada en la nota 7,





ENSAYO CILINDROS CONCENTRICOS
DETALLE DE INFILTRACION
TABLA 4

Tiempo (seg.)	*Intervalo (seg.)*	*Variación nivel de agua (mm.)*		
		M-1	*M-2*	*M-3*
3600	*3600*	*0*	*0*	*0*
7200	*3600*	*0*	*1*	*2*
10800	*3600*	*2*	*2*	*3*
14400	*3600*	*2*	*2*	*4*
18000	*3600*	*2*	*2*	*4*
21600	*3600*	*2*	*3*	*4*
25200	*3600*	*2*	*3*	*5*
Estado del suelo		*Húmedo*		
Infiltración mm/hrs		***2,0***		

EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL
TABLA 1

MES	mm/mes
Enero	330,8
Febrero	278,0
Marzo	236,2
Abril	159,4
Mayo	106,6
Junio	67,8
Julio	66,8
Agosto	98,7
Septiembre	141,5
Octubre	219,2
Noviembre	270,1
Diciembre	324,9
Total Anual	2.300,0

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL
TABLA 2

MES	mm/mes
Enero	0,1
Febrero	0,0
Marzo	1,8
Abril	4,9
Mayo	15,5
Junio	35,9
Julio	50,8
Agosto	24,8
Septiembre	5,9
Octubre	3,0
Noviembre	1,3
Diciembre	0,0
Total Anual	139,2

PRUEBAS DE INFILTRACIÓN
TABLA 3

Piscina N°	Permeabilidad K (cm/s)	
	Suelo en estado Natural	Suelo Superficialmente Compactado
1	8.3E-04	6.1E-04
2	5.3E-04	4.7E-04
3	2.5E-04	5.3E-04
4	2.2E-04	1.4E-04
Promedio	4.6E-04	4.4E-04

3.2. Almacenamiento de la CMP

El embalse de relaves de Teck CdA para las etapas de crecimiento críticas identificadas como las E4, E5 y E6, puede almacenar holgadamente la crecida producto de un evento de PMP con una duración de 3 días, estimada mediante el método de Stowhas (presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood), donde la PMP_{24h}= 444 mm, y la PMP_{3d} = 809 mm, valores que Wood considera conservadores.

Tabla 3-1: Comparación del volumen disponible del embalse de relaves vs volumen de crecida (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).

	Etapa de crecimiento TMF			
	4	5	6	
Periodo retorno	Volumen [m3] Mínimo Embalse Disponible			Precipitación
	8.700.000	10.600.000	14.700.000	
[años]	Crecida			[mm]
$T_{50\,(24h)}$	425.879	417.540	384.596	147
$T_{100\,(24h)}$	510.765	506.606	467.924	166
$T_{200\,(24h)}$	592.877	593.313	549.171	184
$T_{10.000}$ (PMP_{3d})	3.700.000	4.040.000	3.700.000	809

En las Figuras 3-4 a 3-6, se presentan los resultados gráficos del modelamiento para el almacenar la CMP, generado por la PMP_{3d}, así como para tormentas de 24 h y periodos de retorno T_{50} y T_{200} durante las etapas E4 a E6 de crecimiento de la TMF, contemplando el volumen máximo operacional de la laguna de aguas claras (650.000 m^3), lo que se considera el escenario más desfavorable. Para todos los casos considerados se verifica la revancha operacional comprometida de 3 m, entre la playa de relaves en contacto con el muro y el coronamiento de este.

Como se puede apreciar en las mencionadas figuras, el embalse de relaves Teck CdA puede contener de manera holgada y muy alejada de los muros, la laguna generada por los niveles de inundación producto de las tormentas de 24 h, para periodos de retorno de T_{50}, T_{100} y T_{200}, los que, a juicio de Wood, representan eventos de ocurrencia más probable durante el ciclo de la vida útil de la TMF.

Adicionalmente, para el caso de la CMP, en las Figuras 3-4 a 3-6 se destaca con franjas de color rojo, aquellos sectores que quedan en contacto con la laguna producto de la crecida almacenada. Para alejar la laguna de la cara aguas arriba de los muros, en el evento de almacenar la CMP durante la operación, se considera instalar descargas adicionales las que se muestran en la Figura 3-7 destacadas en color amarillo.

Figura 3-4: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 4 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).

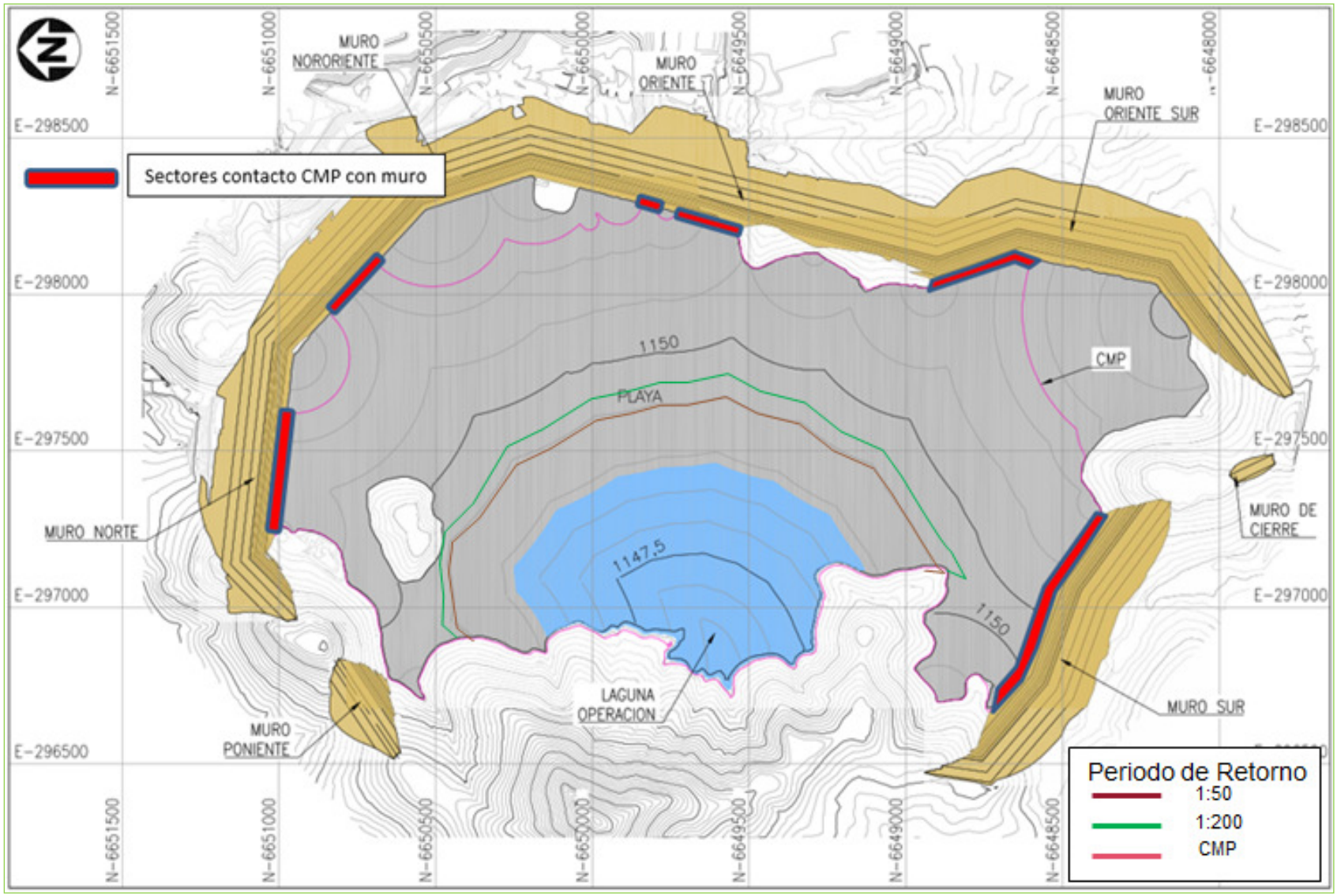


Figura 3-5: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 5 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).

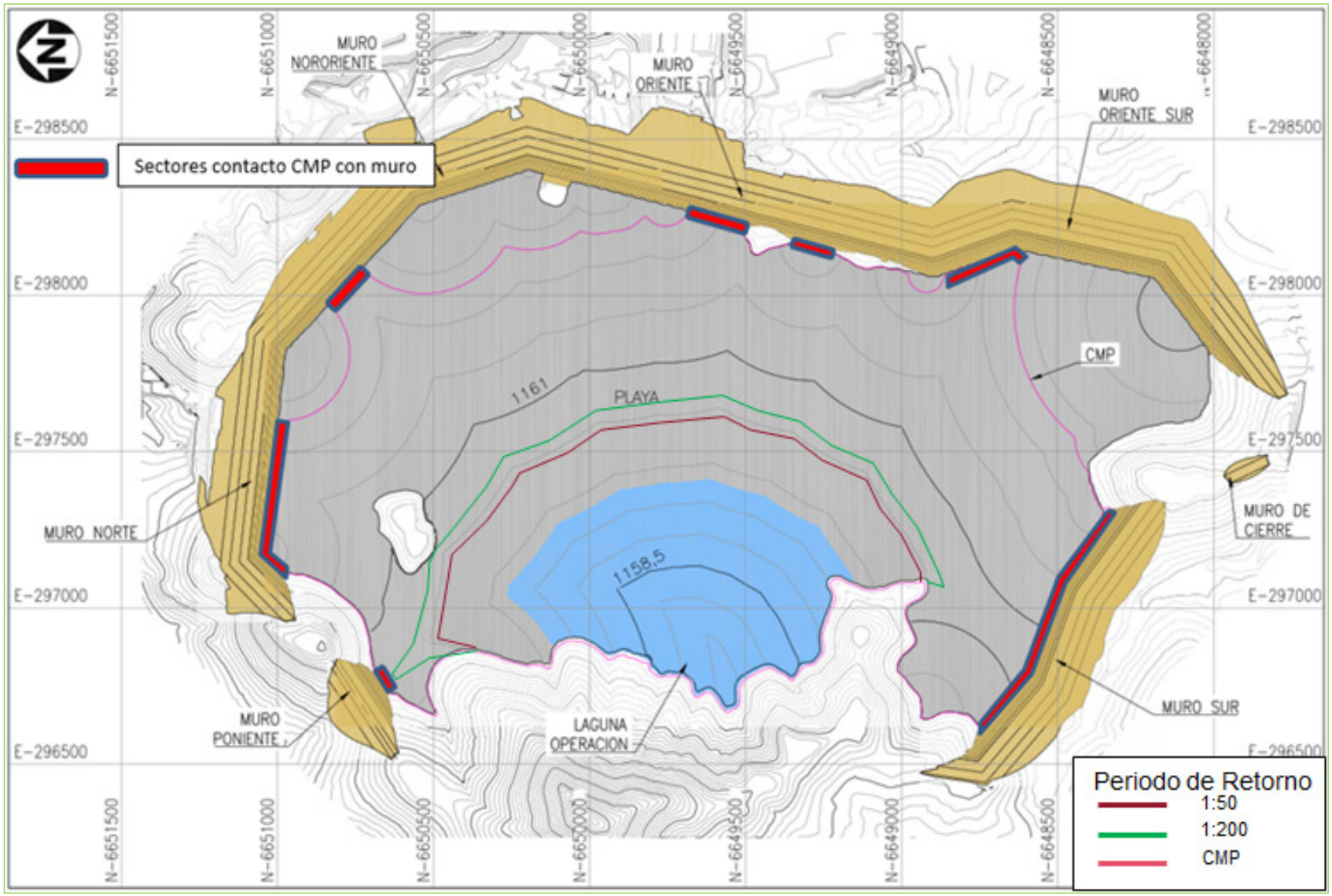


Figura 3-6: Almacenamiento de la CMP_{3d} y tormentas 24 h, T_{50} y T_{200} para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3, Etapa 6 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).

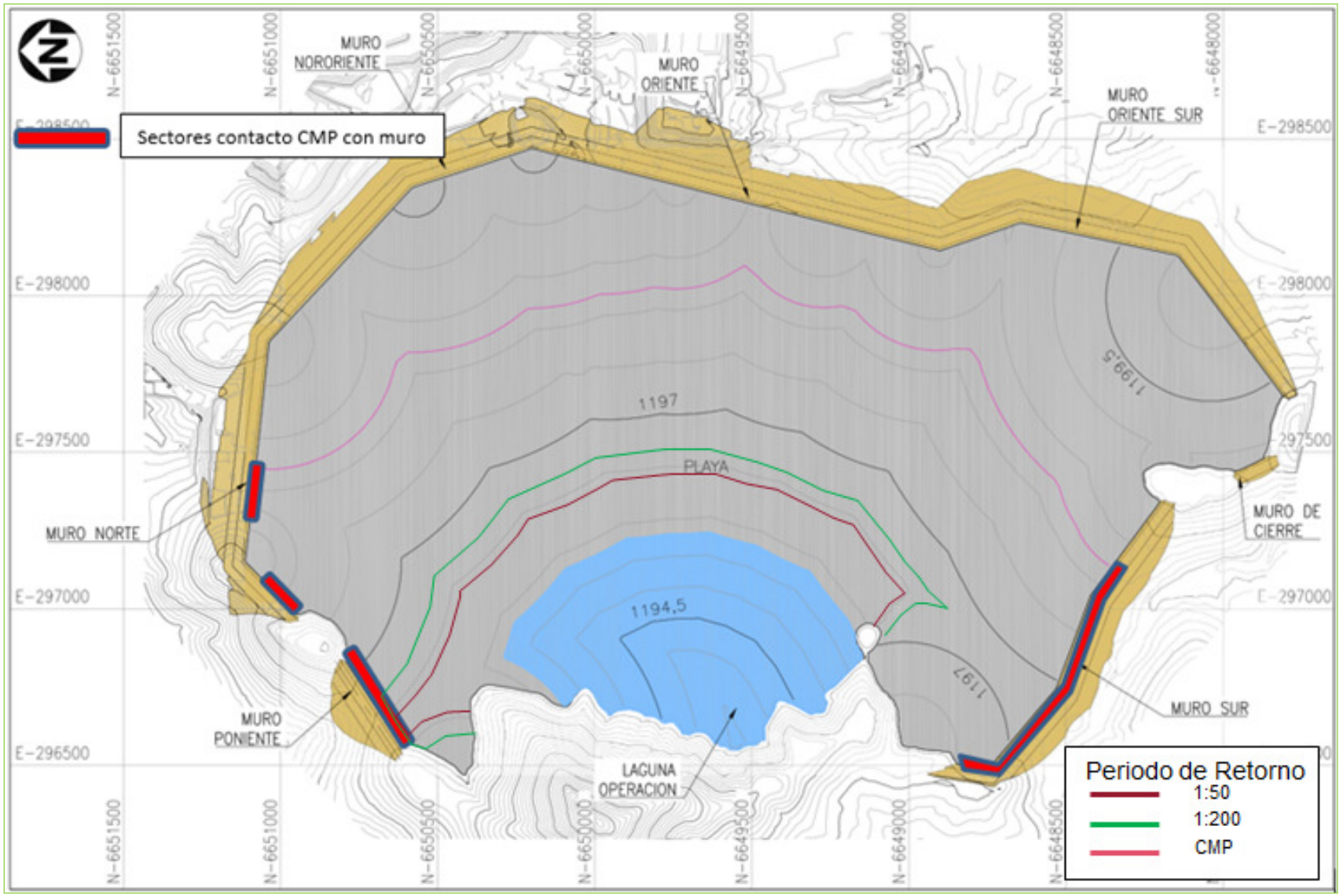
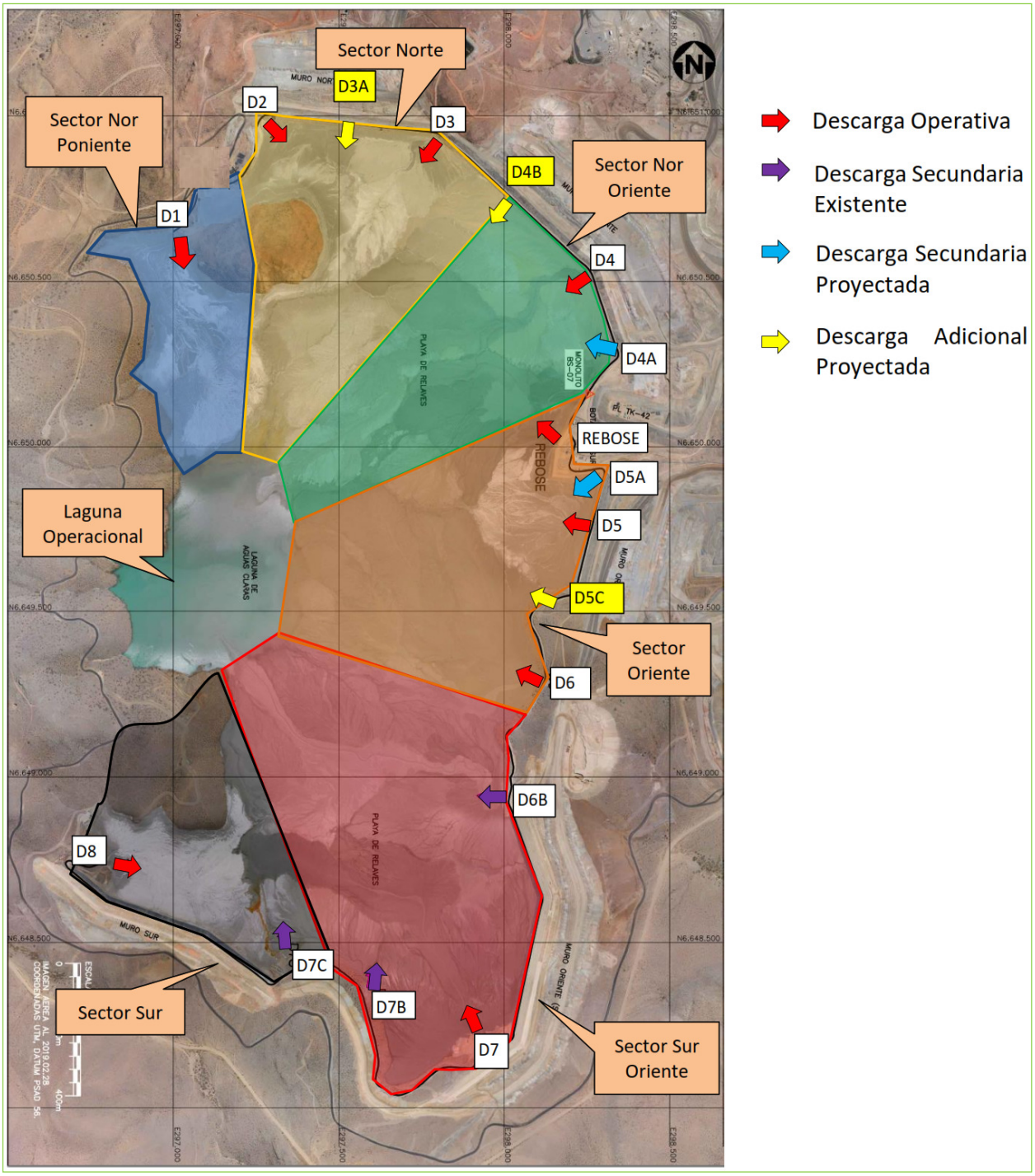
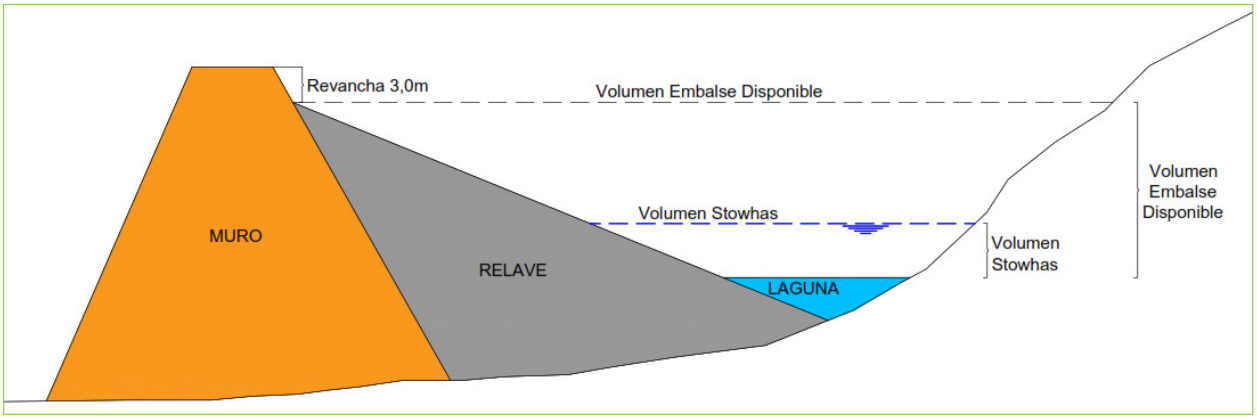


Figura 3-7: Puntos de Descarga Actuales y Propuestos (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).



En la Figura 3-8 (sin escala y solo a modo ilustrativo) se puede apreciar la sección referencial, respecto de la capacidad de acumulación del embalse de relaves y la CMP

Figura 3-8: Almacenamiento de la CMP_{3d}, para una Laguna de Agua Claras de 650.000 m^3 para las etapas E4, E5 y E6 (ref. presentación Manejo de Crecidas, GRB 2019, Wood).



3.3. Volumen de agua descargada (superficial y subterránea)

Diariamente se monitorea el flujo de drenaje del sistema colector de filtraciones tanto aguas abajo del MNO (denominado Piscina El Churque, donde existen tres (3) cajones aforadores, ver Figura 3-15), como aguas abajo del MO en el cajón aforador ubicado hacia el sur oriente del BS y aguas abajo del MN en el cajón aforador ubicado al pie del muro. El agua descargada se recupera y reutiliza en el proceso de la planta concentradora. El resumen histórico de los flujos de agua registrados en el MNO se detalla en las Figuras 3-09 a 3-12, el punto alto que se aprecia para el año 2015 corresponde al terremoto 8,3 (Mw) del miércoles 16 de septiembre. El 13 de noviembre de 2013, la elevación del pelo de agua en la laguna de aguas claras alcanzó la cota de coronamiento de la Etapa 1 (El. 1.117 msnm.) sobre la cual no se encuentra impermeabilizada la cara del talud aguas arriba del muro, lo anterior queda claramente reflejado en la Figura 3-09, ya que a partir de fines de noviembre / inicios de diciembre de 2013, el caudal de filtración cambia su tendencia de ser constante por debajo de los 6 L/s, para comenzar a aumentar gradualmente en una curva que sigue un patrón bastante similar al de la elevación de la laguna de aguas claras. Dicho patrón de crecimiento solo se ve modificado por el evento del terremoto del 16S. A comienzos del año 2018, se reemplazó la placa aforadora del vertedero en V, por filtración detectada en agosto de 2017.

Del mismo modo, a comienzos del año 2018, se normalizó la condición de los afloramientos de aguas superficiales que no son captados por el sistema de drenaje del MNO. En el sector El Churque, los nuevos sistemas de captación, conducción, y medición de caudales de afloramiento, se encuentran recibidos y protocolizados, los trabajos se realizaron basado en el diseño Amec del año 2010 (actualizado el año 2017) y siguiendo con las observaciones tanto del GRB (reunión #3, año 2013) como del consultor de hidrogeología (WSP octubre 2017). Estos trabajos incluyeron el punto denominado poza AFL, que capta y conduce las aguas descargadas en el sector de la cañería corrugada D 1.000 mm que se implementó como obra temprana del TMF.

Desde la fecha de normalización del sistema de medida para el aforador de drenajes del MNO a mediados de junio de 2018, los caudales totales que se registran en el sector El Churque, han variado con valores peak desde un mínimo de 12,22 L/s hasta un máximo de 15,05 L/s, se indica que al término del periodo el flujo total es de 12,65 L/s un 10,2 % menos que le flujo total al término del periodo anterior. Según muestra la Figura 3-09 (Caudal de Drenajes MNO, al 31 de diciembre de 2020), se puede apreciar un flujo decreciente con que se finalizó el año 2019, continua durante el periodo finalizando el año 2020 en torno a 4,5 L/s, un 10% menor que el flujo con que finalizó el periodo anterior, esto se puede explicar dado la baja utilización de las descargas del sector norte del embalse, durante el año 2020. Estos caudales están dentro del rango de flujos de filtración estimados en la etapa de diseño. Respecto de lo anterior y en concordancia a lo indicado en el capítulo 5.3.2 del DSR (Arcadis Chile, 2018), se puede indicar que tanto el volumen de afloramientos como los efluentes de los drenes tienen el potencial de incrementarse a lo largo del tiempo, con el aumento de la carga relacionada al crecimiento del relave (ver capítulo 7.3.3).

La Figura 3-10 muestra la evolución en el tiempo de los flujos de afloramiento al pie del camino minero aguas abajo del MNO, los que, hasta comienzos del año 2018, se medían mediante un método indirecto, y cuyo sistema de aforo se encuentra normalizado desde el Q1 del año 2018. A diferencia de lo que se puede apreciar en el comportamiento de los drenajes del MNO (ver Figura 3-09), se puede apreciar que se mantiene el comportamiento estable y constante que estos afloramientos presentan desde el periodo anterior, manteniéndose constante en torno a los 5 L/s hasta el término del periodo, y sin variación respecto del año 2019.

La Figura 3-11 muestra el flujo histórico del punto de afloramiento, denominado AFL - Poza, que comenzó a medirse de manera indirecta a partir de mayo del año 2017, y cuyo sistema de aforo, al igual que en el caso de los afloramientos descritos en el párrafo anterior, se encuentra normalizado desde comienzos del año 2018. A diferencia de los dos casos anteriores, este gráfico presenta mayor dispersión de los valores medidos durante el año, con una aparente tendencia al alza hasta mediados del periodo para finalizar el 2020, por debajo de los 4 L/s, habiendo comenzado en el mes de enero con flujos por sobre dicho caudal, lo que en valores netos representa aproximadamente un 13 % de disminución en el flujo aforado. Cabe destacar que, al momento de la visita a terreno la captación de este afloramiento presentaba abundante humedad en sus inmediaciones, lo que se podría explicar por cierta obstrucción del sistema de descarga, dado que el sistema de aforo presentaba sedimentos. Del mismo modo, un factor que también podría estar contribuyendo con a este comportamiento, se refiere a que durante el año 2020, se detuvieron algunos de los pozos que la mina explota en el sector del Churque como parte del dewatering de la mina. Se recomienda analizar ambos factores de manera de mejor entender este comportamiento.

A diferencia del año pasado, durante el periodo no se descargó desde la posición de la D3 agua de manera controlada a la TMF producto del dewatering de la mina.

En opinión de Wood, la posición relativa de la D3, respecto del punto de afloramiento AFL – Poza, ambos en el entorno al cerro Arenas, influye en el comportamiento de

dicho afloramiento, y la baja utilización en general de las descargas del sector norte de la TMF, (incluida la D3) podría explicar también la disminución en el flujo medido en el sistema de aforo hacia el término del periodo, ya que previo a la construcción de la TMF, la quebrada El Churque recibía aporte desde la ladera sur del Cerro Arenas, según se puede apreciar en las Figuras 3-13 y 3-14, que es donde se emplazan la descarga D3.

Para el caso de la Figura 3-12, que muestra el flujo de agua total del sector El Churque (la suma aritmética de los flujos presentados en las Figuras 3-9 a 3-11) las líneas verticales de color café, representan la ocurrencia de los sismos 16S de 2015 y 19E de 2019, respectivamente.

Las Figuras 3-15 y 3-16, muestra las mejoras realizadas en el sector El Churque y que permiten registrar los flujos diariamente mediante aforadores destinados (tipo V-Notch), además de proteger contra la escorrentía superficial tanto el acelerógrafo, como el data logger de los piezómetros del MNO.

Figura 3-9: Caudal del Sistema de Drenajes MNO, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

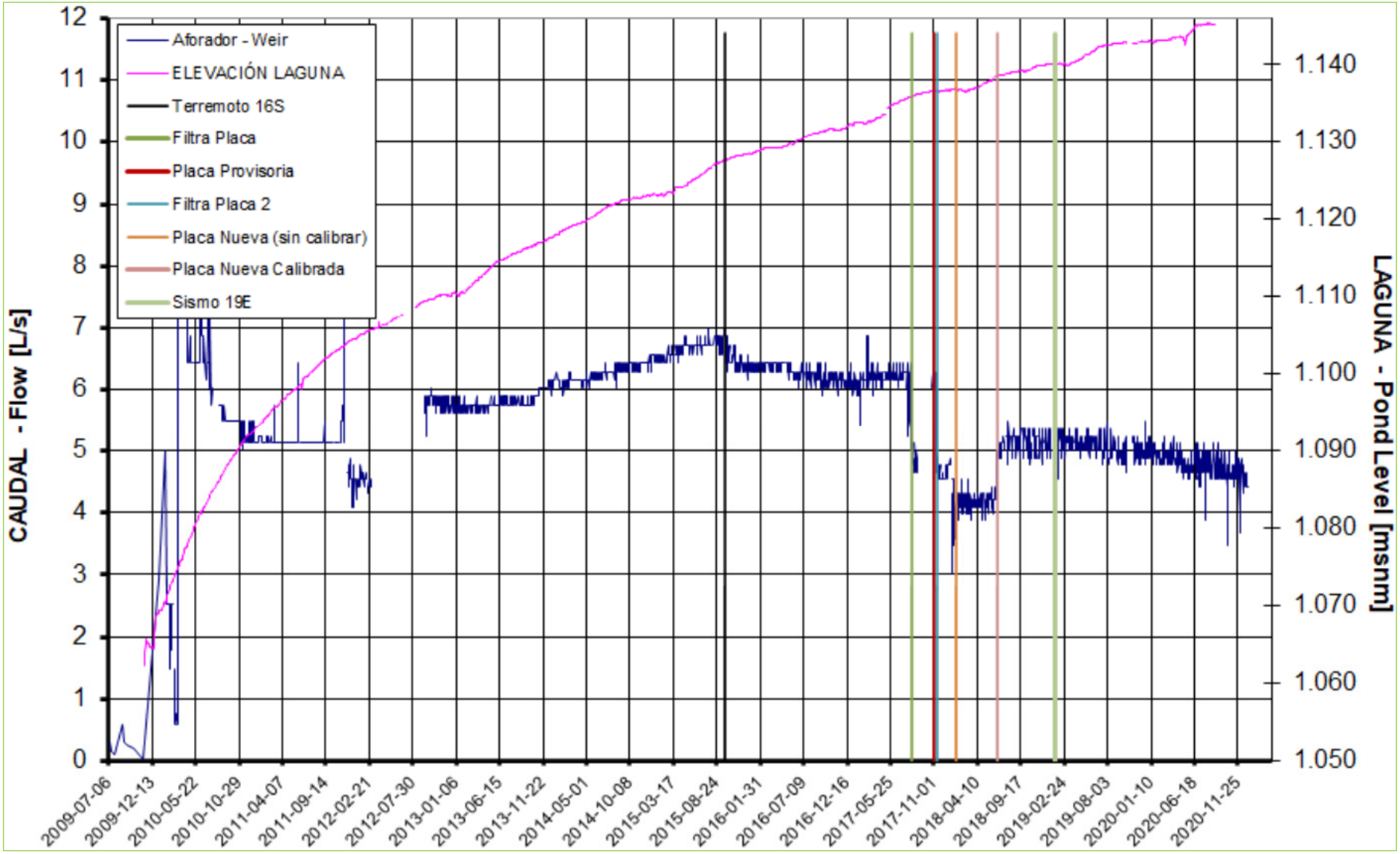


Figura 3-10: Caudal de Afloramientos al pie del talud de camino minero, aguas abajo del MNO, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

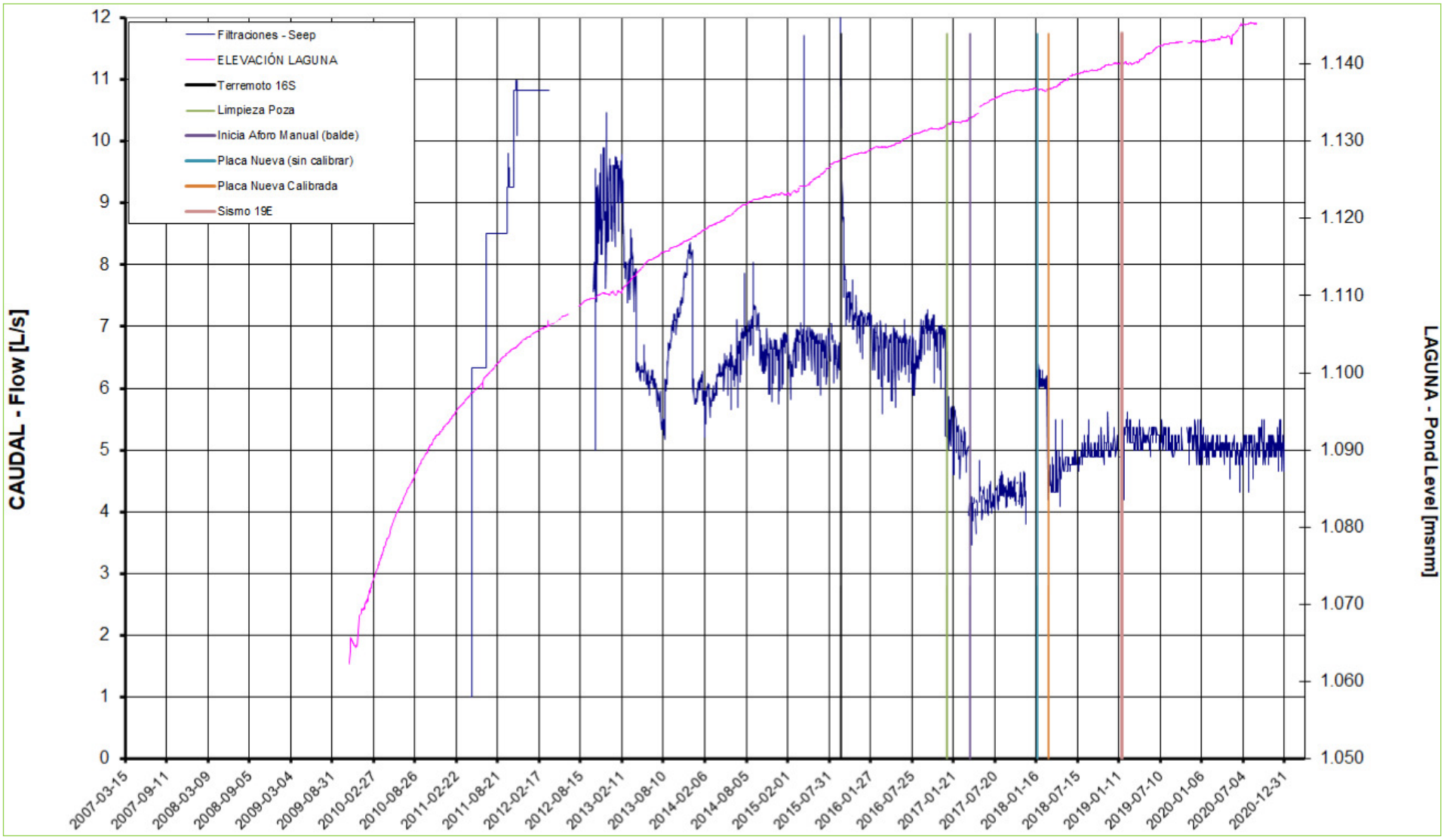


Figura 3-11: Caudal de Afloramientos aguas abajo del MNO, AFL - Poza, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

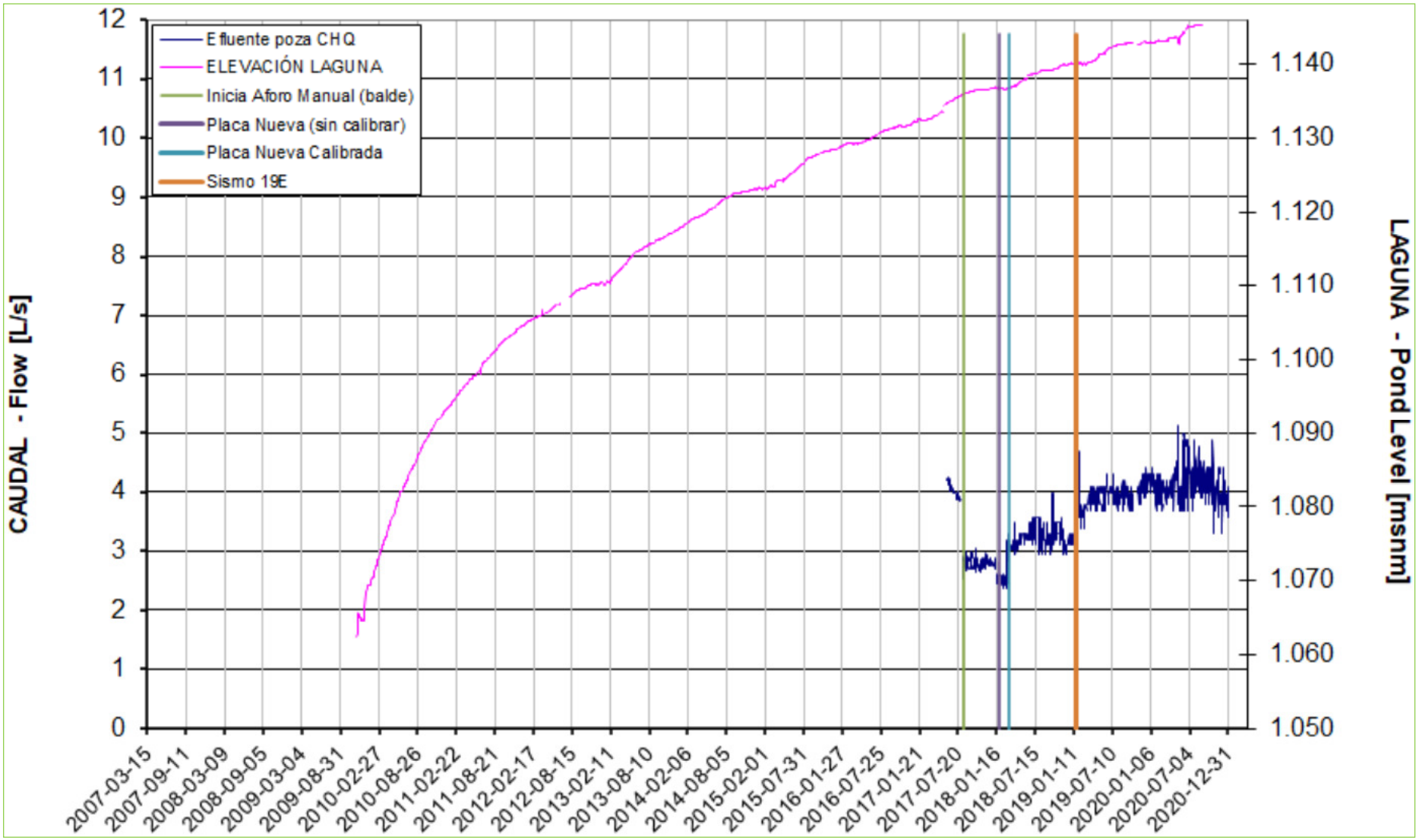


Figura 3-12: Caudal Total sector El Churque, Drenajes (Weir) + Filtraciones (Seep), al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

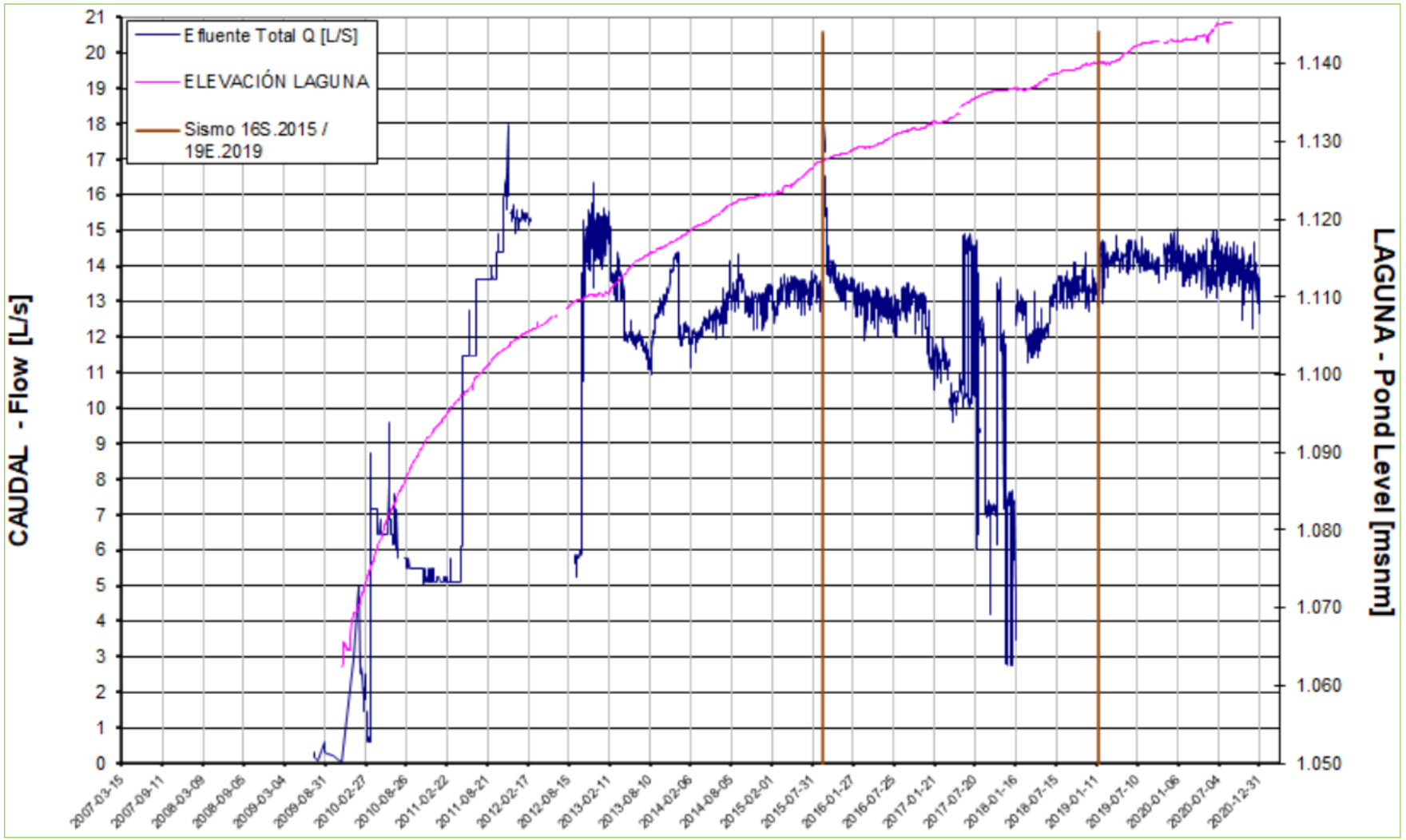


Figura 3-13: Posición Relativa Descargas MN, respecto Sector AFL-Poza, situación con Embalse (ref. Google Earth, Wood).

Figura 3-14: Posición Relativa Descargas MN, respecto Sector AFL-Poza, situación sin Embalse (ref. Google Earth, Wood).

Figura 3-15: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Planta General y Detalles.

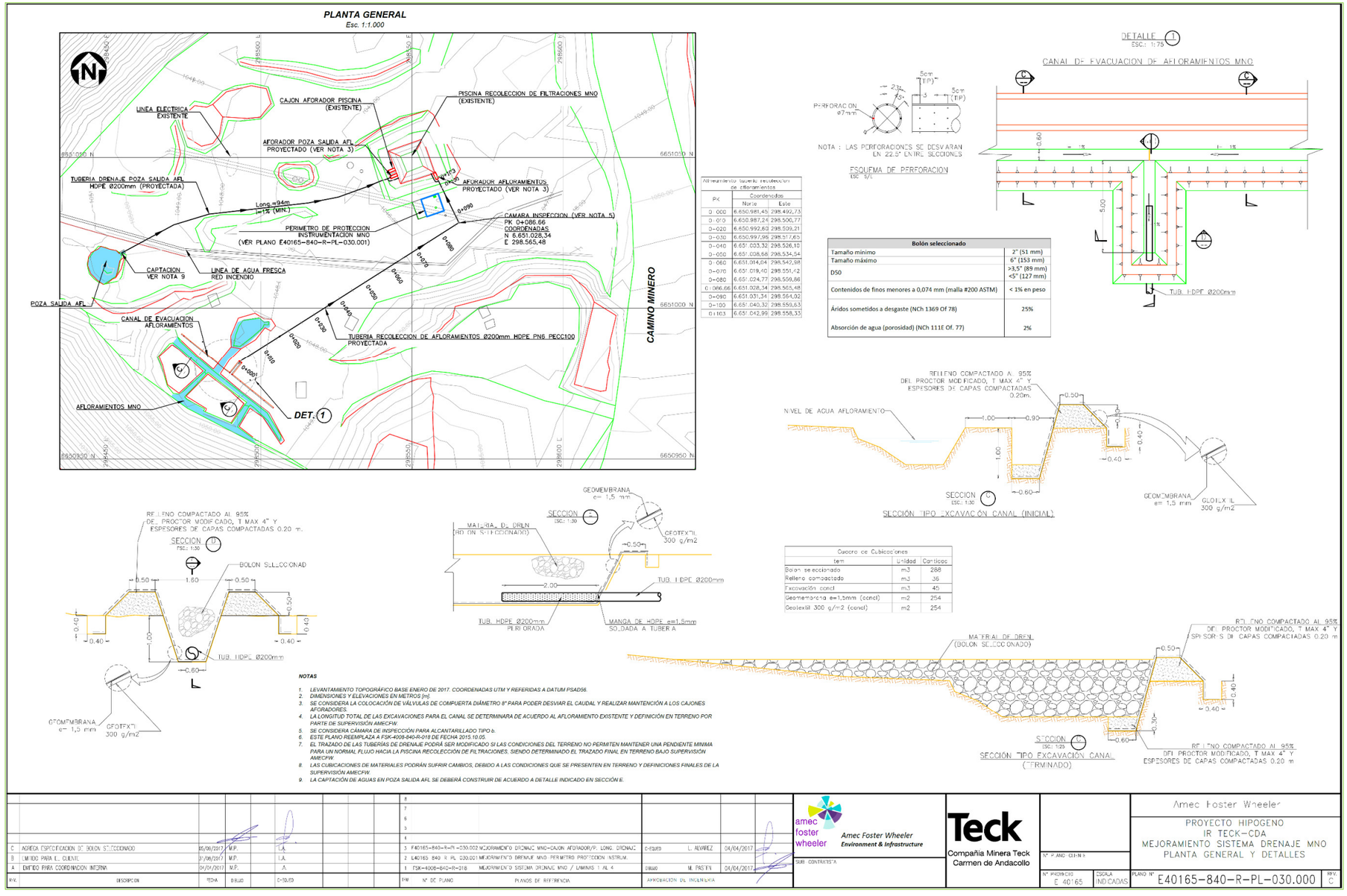
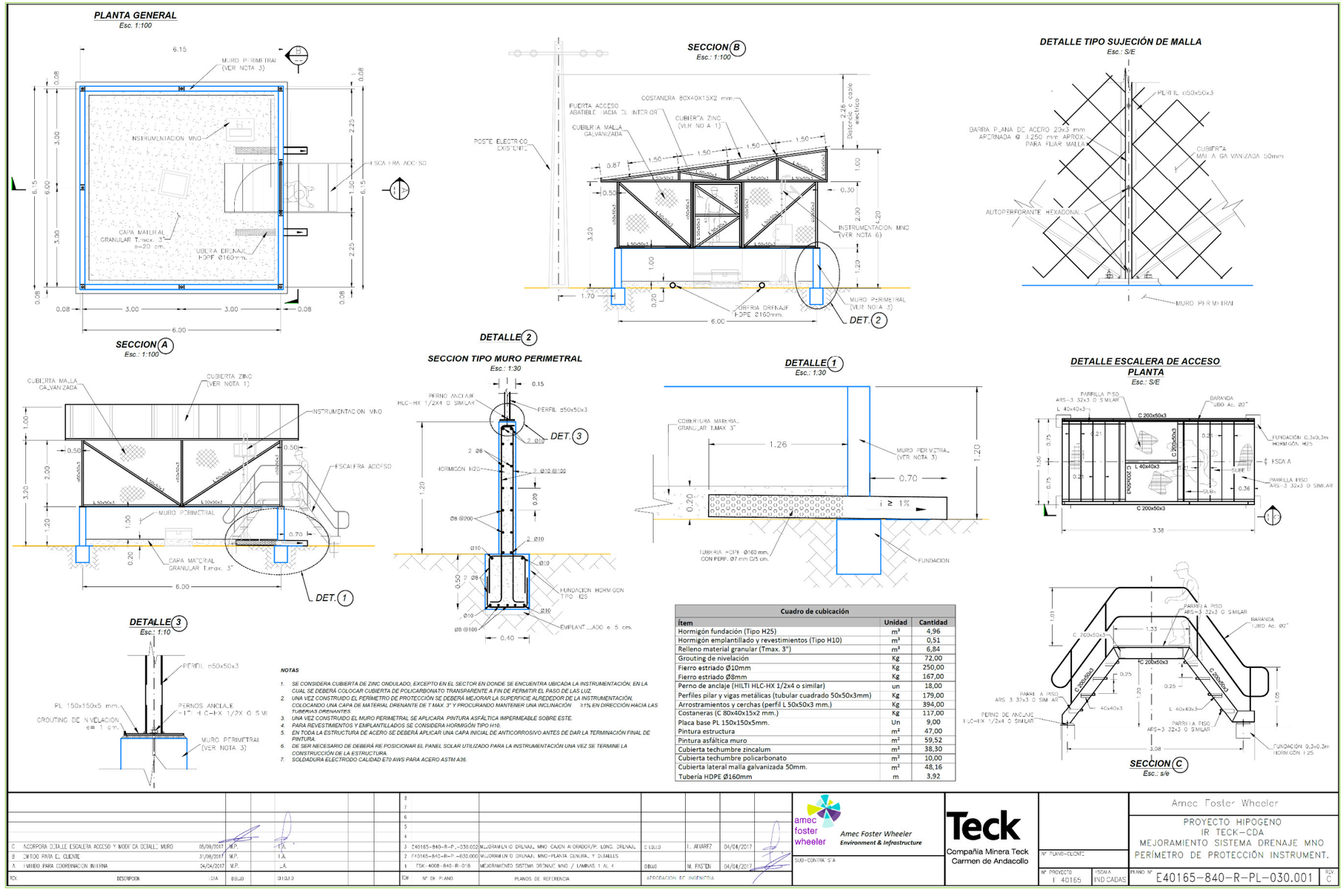


Figura 3-16: Normalización afloramientos sector “El Churque”: Perímetro de Protección Instrumentación.



4.0 RESUMEN INSTRUMENTACIÓN 2020

4.1. Piezómetros de cuerda vibrante

Los muros auscultados corresponden al MN, MNO, MO y MO(S), cuya instrumentación se instaló como parte de las obras tempranas de la construcción de la TMF. Los instrumentos son piezómetros de cuerda vibrante tipo RST VW2100 con termistor integrado.

A continuación, se describe la secuencia de instalación y comienzo de análisis de las mediciones de la instrumentación de los muros del depósito de relaves.

4.1.1. Etapa de construcción (EPCM) y Comisionamiento

Los primeros instrumentos fueron instalados como parte de las obras tempranas correspondientes a la construcción del muro de anclaje y Etapa 1 del MNO en el año 2008 (PE-003, PE-004, PE-005 y PE-006). Posteriormente, durante julio de 2009 se instalaron los piezómetros del MO (PE-009 y PE-010), como parte de los trabajos asociados a la misma Etapa 1.

Durante el periodo de construcción, se realiza seguimiento de la operatividad de la instrumentación y registro de las mediciones, pero no se realiza interpretación alguna, dado que aún no comenzaba la operación del depósito.

Durante el proceso de comisionamiento del depósito de relaves, iniciado en octubre de 2009 (entrega de instalaciones a Teck CdA), y finalizado en febrero de 2010 (puesta en marcha), no se realizó el registro de mediciones de piezómetros.

4.1.2. Etapa de operación

La puesta en marcha de la planta se verificó el 02 de febrero de 2010 y como parte de los trabajos correspondiente a la Etapa 2 de crecimiento del depósito de relaves, en abril de 2010 se instalaron los piezómetros del MN (PE-015 y PE-016) y en enero de 2011 se instaló un piezómetro adicional en el MO (PE-009A).

En abril del año 2016 se instalaron los piezómetros del MO(S) (PE-013 y PE-014).

Durante el año 2018, se instalaron y habilitaron tanto en el MNO como en el BS piezómetros de fibra óptica y Casagrande, en los sondajes de la campaña respectiva (ver capítulo 4.2).

Respecto del registro de lecturas históricos, no se dispone de lecturas piezométricas, entre los meses de abril y agosto del año 2012.

4.1.3. Ubicación de los piezómetros

La planta de disposición general de los piezómetros de los muros del depósito de relaves se muestra en la Figura 2-4 (Planta) y las secciones se muestran en las Figuras 2-5 a 2-12. La ubicación de los piezómetros, los muros en los que se instalaron y sus

coordenadas y elevaciones de instalación, se resumen en la Tabla 4-1, en donde L0 es la lectura 0, bruta en unidades B.

Tabla 4-1: Piezómetros de cuerda vibrante instalados

INSTRUMENTO		LECTURA L0	CT	LOCALIZACIÓN		
TAG	SERIAL					
PE-003	VW6867	9154,7	1054,532	N 6.650.542,280	E 298.198,469	DREN LATERAL AAB MNO E1
PE-004	VW6866	7777,1	1058,543	N 6.650.498,306	E 298.142,786	RM MNO AAR DREN E1
PE-005	VW6865	8076,9	1058,167	N 6.650.479,435	E 298.235,431	DREN LATERAL AAR MNO E1
PE-006	VW6864	8829,9	1062,162	N 6.650.444,191	E 298.185,643	RM MNO AAR DREN E1
PE-019	VW8334	8997,6	1048,620	N 6.650.622,353	E 298.276,232	DREN CENTRAL MNO AAR E1
PE-020	VW8333	9073,7	1047,335	N 6.650.660,807	E 298.310,157	DREN CENTRAL MNO AAB E1
PE-010	VW8331	9065,1	1103,219	N 6.649.748,810	E 298.241,998	DREN CENTRAL MO E1
PE-009	VW8332	9006,4	1110,050	N 6.649.710,899	E 298.236,185	DREN LATERAL MO E1
PE-009A	VW16738	8711,8	1120,95	N 6.649.647.807	E 298.253.031	DREN LATERAL MO E2
PE-013	100C15107	4108,1	1.146,06	N 6.648.405,231	E 298.204,126	DREN LATERAL 3 (S) MO(S) E3
PE-014	100C15108	4110	1.145,14	N 6.648.488,935	E 298.226,954	DREN LATERAL 3 (N) MO(S) E3
PE-015	VW12772	9061,8	1129,804	N 6,651,011,805	E 297,591,350	DREN LATERAL (O) MN E2
PE-016	VW12773	8923,0	1127,300	N 6.650.993,750	E 297.472,667	DREN LATERAL (P) MN E2

Debido a una intervención del banco ducto por parte de la empresa INCOPESA durante los trabajos de construcción del dren central del MO, el día 25 de septiembre de 2010, se cortaron los cables del piezómetro PE-010, el cual fue descubierto para verificar su estado, siendo reubicado a las coordenadas Datum PSAD 56 huso 19 N: 6.649.748,663; E: 298.242,317, y cota de instalación CT de 1.103,739 msnm, por la empresa GeoMediciones, el 25 de octubre de 2010.

La ubicación final de los instrumentos instalados, como también el trazado de los bancoductos se detallan en los planos As Built presentados en las Figuras 4-2 a 4-8.

La ubicación de los instrumentos proyectados y que aún no se instalan al momento de escribir el presente informe, se detallan en los planos de diseño que se presentan en las Figuras 4-9 y 4-10 para el muro MS y en la Figura 4-11 para el muro MP. En estas figuras se muestran además los trazados proyectados de los bancoductos y el sistema de drenaje lateral y central.

4.2. Instrumentación Complementaria : Campaña de Sondajes

4.2.1. Resumen Ejecutivo de la Campaña de Sondajes

Como parte del control del comportamiento del depósito y verificación del diseño, se identificó la necesidad de efectuar exploraciones adicionales en el Muro Nororiente (MNO) y Botadero Sur (BS) en base a la perforación de sondajes, con el objetivo de mejorar el conocimiento y obtener información complementaria de geotecnia, hidrogeología y geoquímica de las obras señaladas.

La campaña de exploraciones, desarrollada el primer semestre de 2018, fue un trabajo interdisciplinario en la que participaron varias empresas, de acuerdo a sus especialidades: Superex en la perforación de los pozos; WSP en los trabajos de geoquímica e hidrogeología, incluyendo piezómetros de Casagrande; GeoMediciones

en la instalación y puesta en marcha de los sensores de fibra óptica; Aguaex en las investigaciones sísmicas (ensayos down hole y geofísica superficial de refracción) y Wood en el rol de Supervisión Técnica y Coordinación General de los trabajos e Investigaciones Geotécnicas.

En total se perforaron 8 sondajes sumando 733,55 metros lineales útiles de exploración, lo que se hizo mediante dos sondas sónicas y una perforadora diamantina: 83% de las perforaciones fueron hechas utilizando el método sónico, en tanto que el 17% fueron hechas utilizando el método diamantino, todas ellas con recuperación de testigos.

Todos los testigos fueron logueados y fotografiados; de los 733,55 metros perforados, 592,00 metros (81%) correspondieron a suelos (rellenos) y 141,55 metros (19%) correspondieron a roca.

Las estadísticas señalan la siguiente distribución general en los rellenos: 85% de gravas; 9% de arenas, y 6% de arcillas y limos, cada uno de ellos con sus diferentes subclases. Los sondajes DH-2, DH-3, DH-4, DH-6, DH-7 y DH-8 penetraron la roca fundamental. La litología de la roca corresponde a una andesita, de textura micro porfídica a ocasionalmente porfídica, de color comúnmente gris marrón, también blanquecino o rojizo.

En todos los sondajes se ejecutaron pruebas de penetración estándar (SPT) en los rellenos, hasta una profundidad máxima de 60 metros. En total se practicaron 29 ensayos, de los cuales en 12 se obtuvo un Valor-N, y en 17 se aplicaron criterios de rechazo.

Respecto de las exploraciones geofísicas, en total se realizaron 4 ensayos Down-Hole al interior de los sondajes (DH-1, DH-4, DH-6 y DH-7), y, en superficie, tres (3) perfiles de tomografía sísmica de refracción-Vp y 2 perfiles AMOS-Vs, sumando 213 m lineales de ensayos Down-Hole, 611 m de Refracción-Vp y 368 m de AMOS-Vs.

Durante el proceso de perforación de cada sondaje, es decir, a pie de pozo, se efectuaron dos tipos de muestreos, de humedad en suelos e hidroquímica del agua de perforación. Adicionalmente, mediante un instrumento multiparámetro se tomaron diversos parámetros hidroquímicos del agua, tales como temperatura, pH, conductividad, TDS y ORP. En la testigoteca de Teck CdA se efectuaron muestreos para ensayos geoquímicos y para ensayos geotécnicos. Las actividades de análisis de laboratorio de todos los muestreos están actualmente en progreso.

El pozo DH-5 se perforó con mucha dificultad hasta los 35,7 metros, para finalmente derrumbarse. Se perforó un pozo gemelo denominado DH-5A aledaño al pozo DH-5, también abandonándose a los 96,8 metros por sucesivos cortes de barras y atrapes de herramienta. Por lo tanto, finalmente, los pozos DH-1, DH-2, DH-3 y DH-7 fueron implementados con piezómetros del tipo Casagrande mientras que los pozos DH-4, DH-6 y DH-8 fueron habilitados con piezómetros de fibra óptica (FOP). Todos ellos quedaron operativos. Para mayor detalle ver Documento N° E40165-840-TR-019: “Informe Constructivo Sondajes Sónicos Muro Nororiente y Botadero Sur”.

4.2.2. Instrumentación asociada a la campaña de Sondajes

Una vez finalizada la perforación de los sondajes, se habilitaron los pozos con piezómetros Casagrande o Fibra Óptica, según sea el caso. La habilitación con piezómetros Casagrande fue realizada por WSP y los trabajos de habilitación con Fibra Óptica fueron ejecutados por GeoMediciones, siempre bajo la supervisión y coordinación de Wood.

En ambos casos, hubo un diseño preliminar propuesto (WSP / GeoMediciones), con recomendaciones de profundidades de sensores propuestas por Wood, los que fueron consecuentemente ajustados a las características reales de terreno encontradas durante la perforación, como por ejemplo: el tipo de material, derrumbes u obturaciones de las paredes del pozo, admisiones de agua o mezclas, etc.

La Tabla 4-2 presenta los tipos de piezómetros construidos en cada sondaje según se indica y su ubicación en planta se puede apreciar en la Figura 4-12.

Tabla 4-2: Piezómetros

Sondaje	Tipo Piezómetro
DH-1	Casagrande
DH-2	Casagrande
DH-3	Casagrande
DH-4	Fibra Óptica
DH-5A	-
DH-6	Fibra Óptica
DH-7	Casagrande
DH-8	Fibra Óptica

4.2.3. Piezómetros Casagrande

De acuerdo con lo mostrado en la Tabla 4-2, los pozos DH-1, DH-2, DH-3 y DH-7 han sido implementados con piezómetros del tipo Casagrande.

En la construcción de los piezómetros Casagrande se utilizaron elementos típicos tales como tubos de 3 metros de PVC liso y ranurado de 2" (excepto de 1"1/2 en el pozo DH-1), bentonita en pellets 3/8”, terminaciones de punta de lápiz y grava seleccionada. En la construcción del sello sanitario se utilizó una mezcla de arena, bentonita y agua. En la Figura 4-1 se muestran algunos de los elementos utilizados en la construcción de los piezómetros Casagrande.

A modo informativo, en la Figura 4-13 se muestran los diseños constructivos finales de la instalación de los piezómetros Casagrande.

Figura 4-1: A) PVC lisos y ranurados; B) Grava; C) Terminación del Pozo

4.2.4. Piezómetros de Fibra Óptica

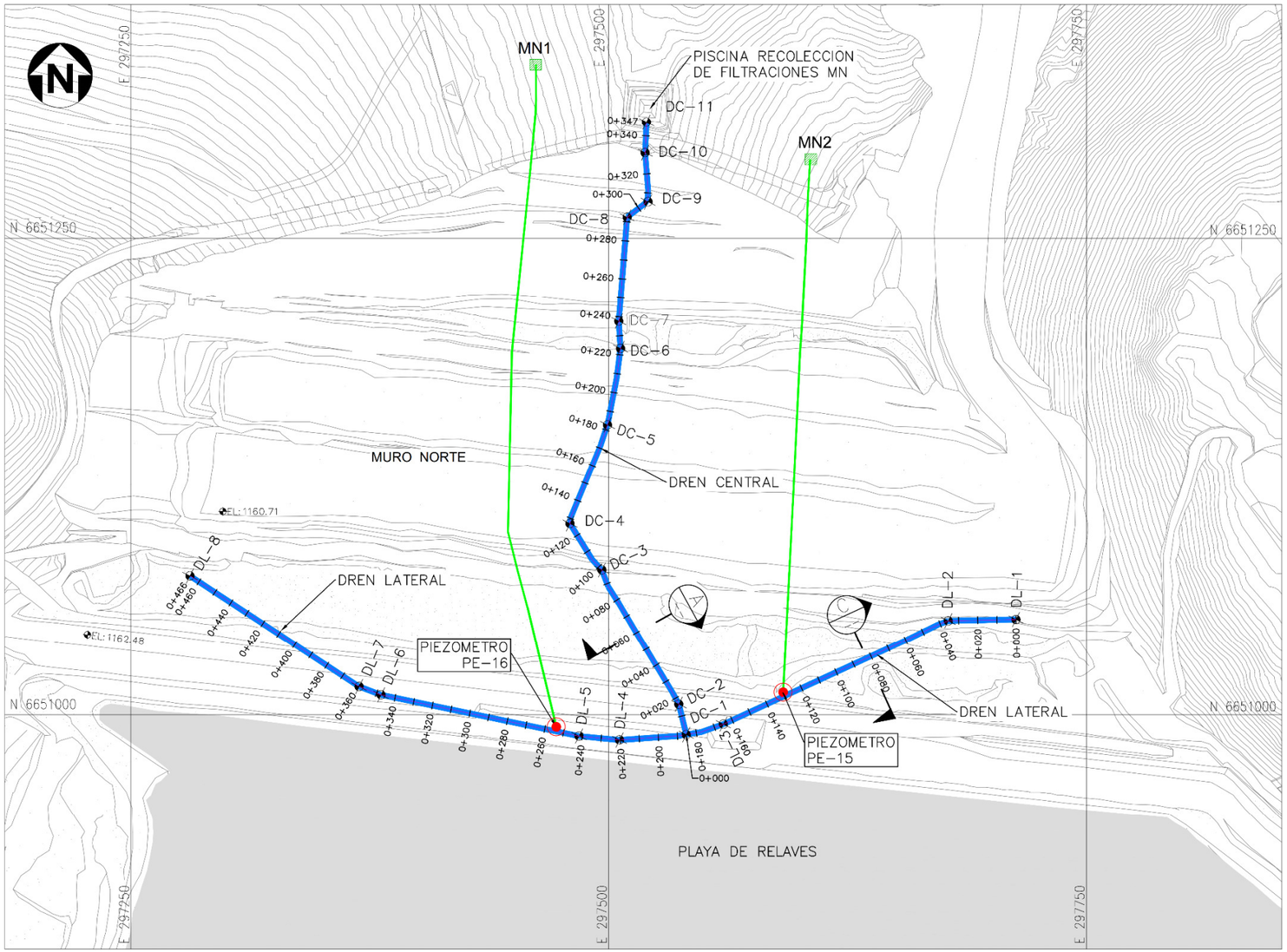
Como se muestra en la Tabla 4-1, los pozos DH-4, DH-6 y DH-8 fueron implementados con piezómetros de fibra óptica (FOP en adelante), manufacturados por Roctest (Canadá), y corresponden al modelo FOP-F con cables de 7 mm.

En general, la instalación consistió en colocar dos (2) sensores por pozo, a distintas profundidades, adosados a tuberías Tremie. Posteriormente los pozos se rellenaron con lechada, en la parte inferior del pozo, y completados con grava fina hasta la superficie. A modo ilustrativo, en el Figura 4-14 se incluyen los diseños constructivos finales de la instalación de los piezómetros FOP.

Finalmente se realizaron lecturas funcionales de los sensores para verificar que ellos están operativos, quedando conectado el jumper (conector óptico) para futuras lecturas.

La actividad de adquisición, habilitación y puesta en marcha de la piezometría por fibra óptica estuvo a cargo de la empresa GeoMediciones.

Figura 4-2: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.000, Wood).



PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACION DE PIEZOMETROS MURO NORTE
Escala 1:2.500

CUADRO DE COORDENADAS DREN CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS		VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE		NORTE	ESTE
DC-1	6.650.989,66	297.540,71	DC-7	6.651.206,38	297.505,36
DC-2	6.651.005,56	297.536,83	DC-8	6.651.260,94	297.509,74
DC-3	6.651.076,01	297.496,51	DC-9	6.651.268,95	297.250,71
DC-4	6.651.100,21	297.479,86	DC-10	6.651.294,63	297.519,16
DC-5	6.651.152,12	297.499,46	DC-11	6.651.310,77	297.519,91
DC-6	6.651.191,99	297.506,27			

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL

VERTICE	COORDENADAS		VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE		NORTE	ESTE
DL-1	6.651.050,14	297.713,24	DL-6	6.651.010,41	297.380,96
DL-2	6.651.049,38	297.677,81	DL-7	6.651.014,80	297.369,47
DL-3	6.650.995,14	297.560,10	DL-8	6.651.072,92	297.280,96
DL-4	6.650.986,86	297.505,76			
DL-5	6.650.988,89	297.484,55			

CUADRO UBICACIÓN CASETAS

CASETA	COORDENADA	
	NORTE	ESTE
MN1	6.651.341,0	297.462,0
MN2	6.651.291,2	297.605,5

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS

PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-015	6.651.011,8	297.591,4	1.129,8
PE-016	6.650.993,8	297.472,7	1.127,3

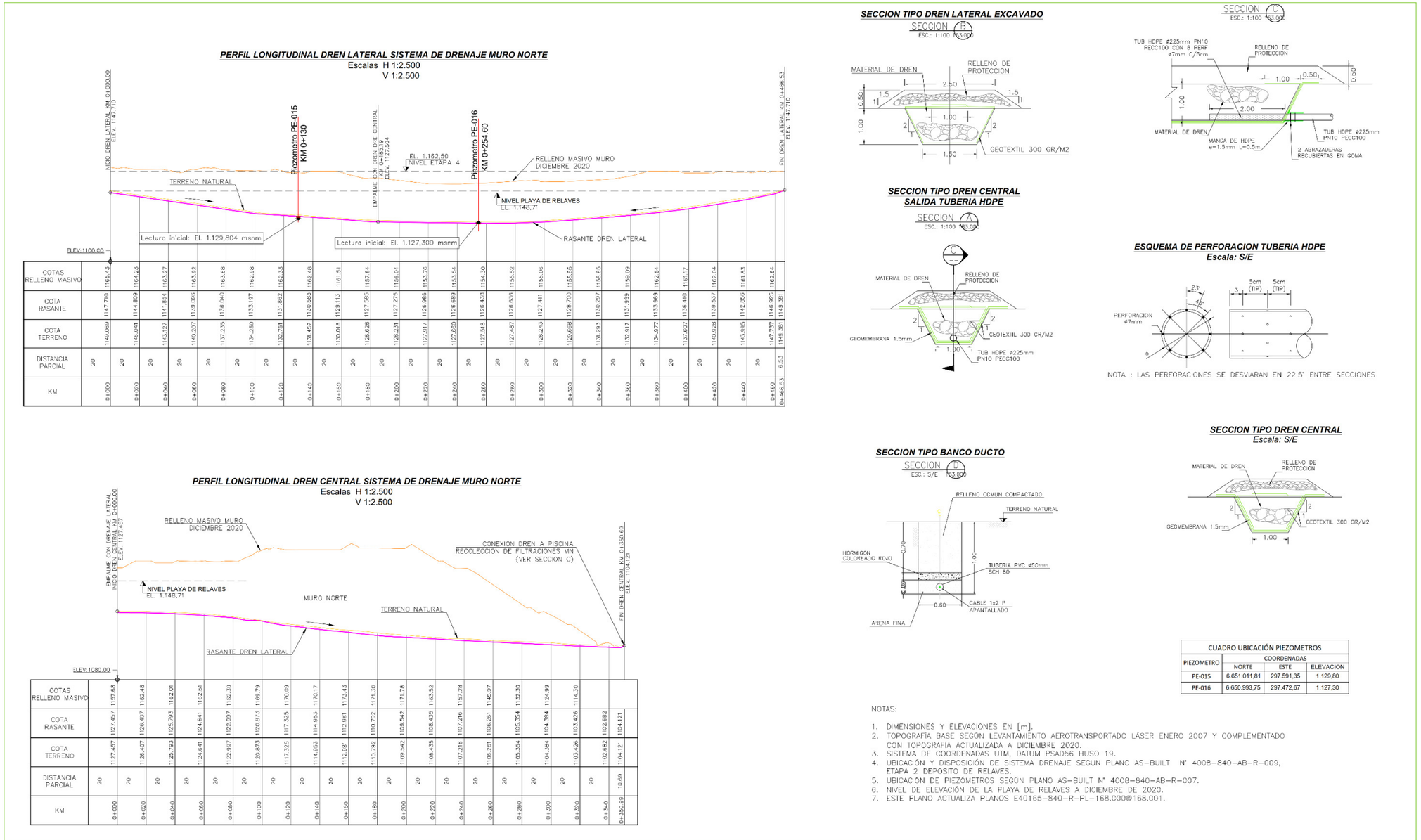
SIMBOLOGIA

- PE-XX — PIEZOMETRO
- BANCODUCTO
- SISTEMA DE DRENAJE
- CASETA

NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE SEGÚN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LASER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA A DICIEMBRE 2020.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-009, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-007.
6. NIVEL DE ELEVACIÓN DE LA PLAYA DE RELAVES A DICIEMBRE DE 2020.
7. ESTE PLANO ACTUALIZA PLANOS E40165-840-R-PL-168.000@168.001.

Figura 4-3: MN, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0007.001, Wood).

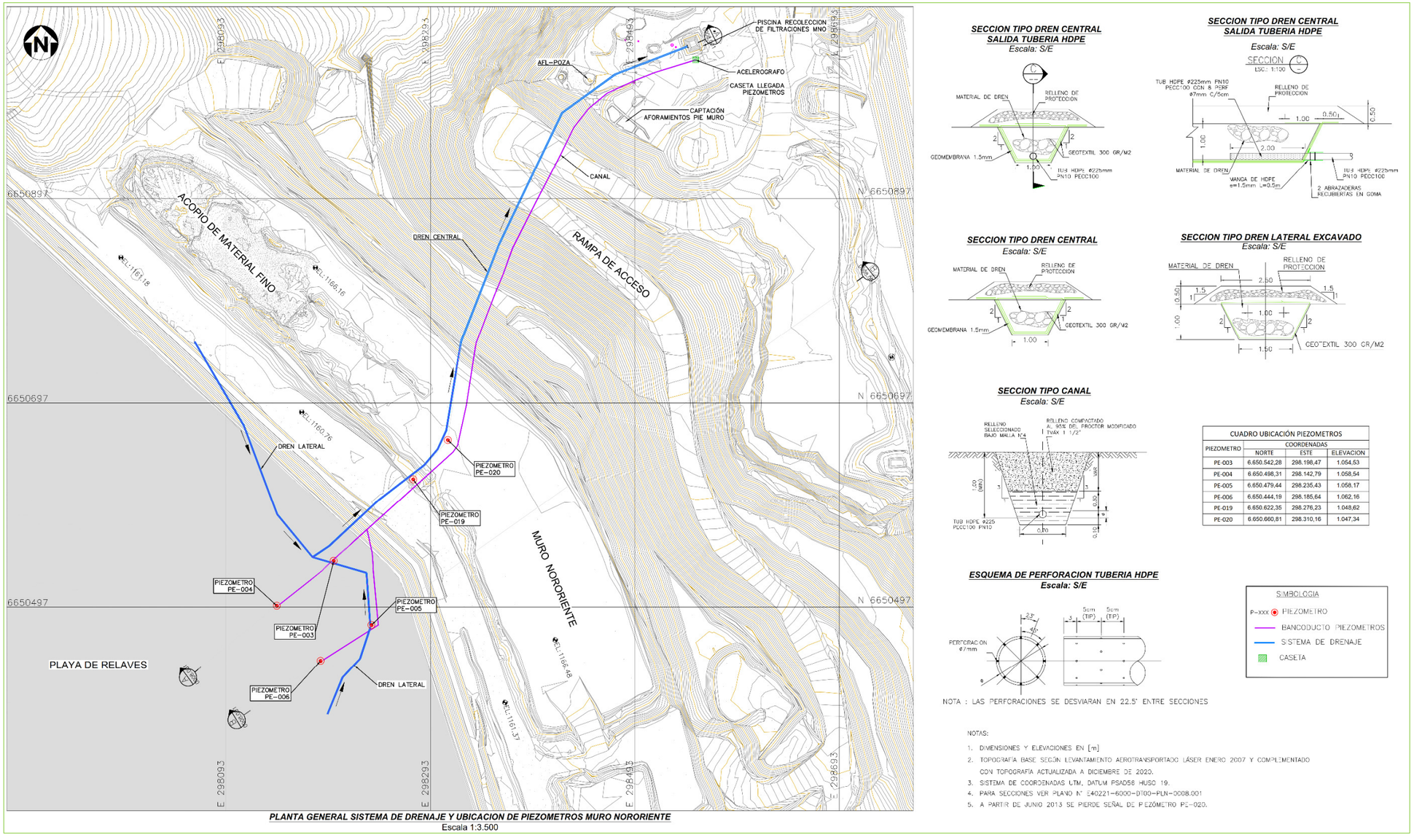


CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-015	6.651.011,81	297.591,35	1.129,80
PE-016	6.650.993,75	297.472,67	1.127,30

NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. TOPOGRAFÍA BASE SEGÚN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LÁSER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA A DICIEMBRE 2020.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGUN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-009, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-007.
6. NIVEL DE ELEVACIÓN DE LA PLAYA DE RELAVES A DICIEMBRE DE 2020.
7. ESTE PLANO ACTUALIZA PLANOS E40165-840-R-PL-168.000@168.001.

Figura 4-4: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2020.12.31 (Ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.000, Wood).



PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACION DE PIEZOMETROS MURO NORORIENTE
Escala 1:3.500

SECCION TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE
Escala: S/E

SECCION TIPO DREN CENTRAL SALIDA TUBERIA HDPE
Escala: S/E

SECCION TIPO DREN CENTRAL
Escala: S/E

SECCION TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
Escala: S/E

SECCION TIPO CANAL
Escala: S/E

CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS			
PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-003	6.650.542,28	298.198,47	1.054,53
PE-004	6.650.498,31	298.142,79	1.058,54
PE-005	6.650.479,44	298.235,43	1.058,17
PE-006	6.650.444,19	298.185,64	1.062,16
PE-019	6.650.622,35	298.276,23	1.048,62
PE-020	6.650.660,81	298.310,16	1.047,34

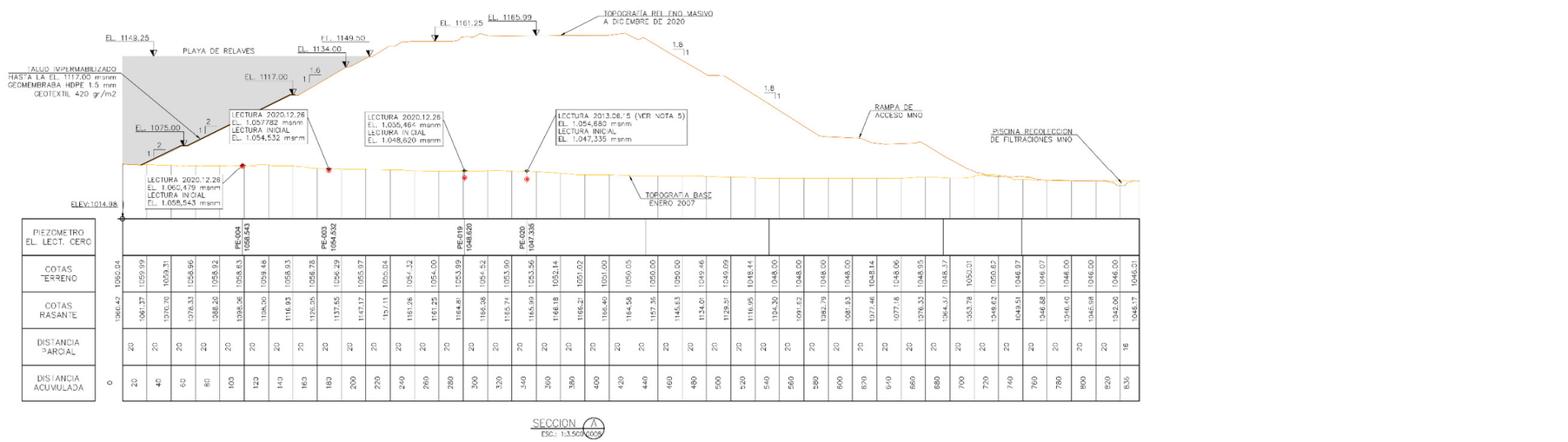
ESQUEMA DE PERFORACION TUBERIA HDPE
Escala: S/E

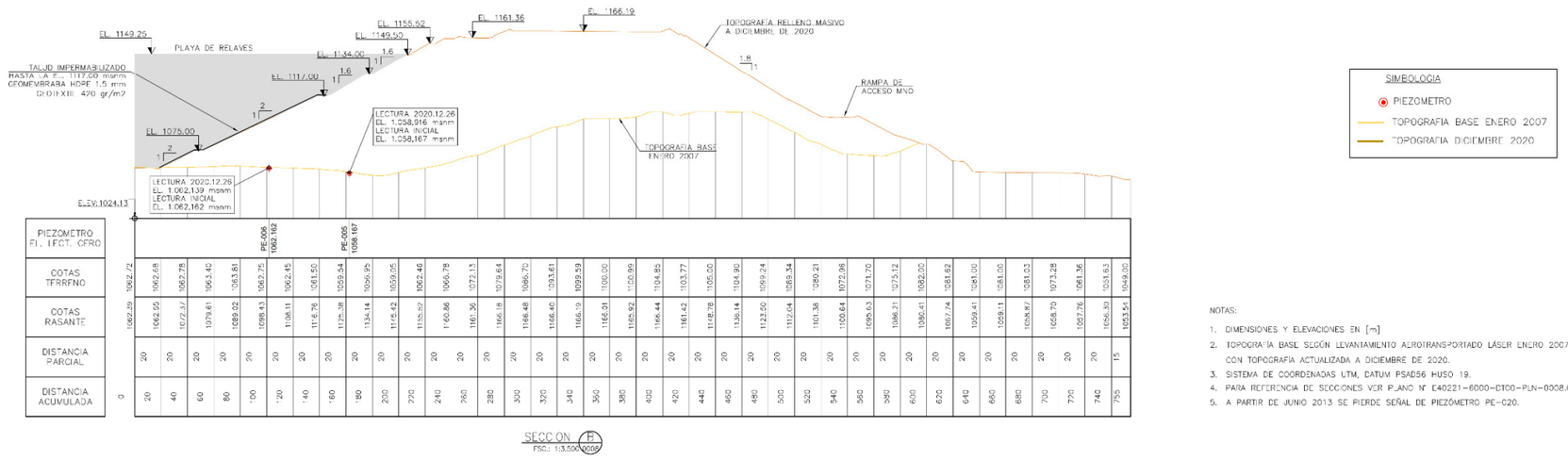
NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22.5° ENTRE SECCIONES

SIMBOLOGIA
P-xxx PIEZOMETRO
BANCODUCTO PIEZOMETROS
SISTEMA DE DRENAJE
CASETA

NOTAS:
1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE SEGÚN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LÁSER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA A DICIEMBRE DE 2020.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. PARA SECCIONES VER PLANO N° E40221-6000-DT00-PLN-0008.001
5. A PARTIR DE JUNIO 2013 SE PIERDE SEÑAL DE PIEZÓMETRO PE-020.

Figura 4-5: MNO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros, Cuerda Vibrante Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0008.001, Wood).

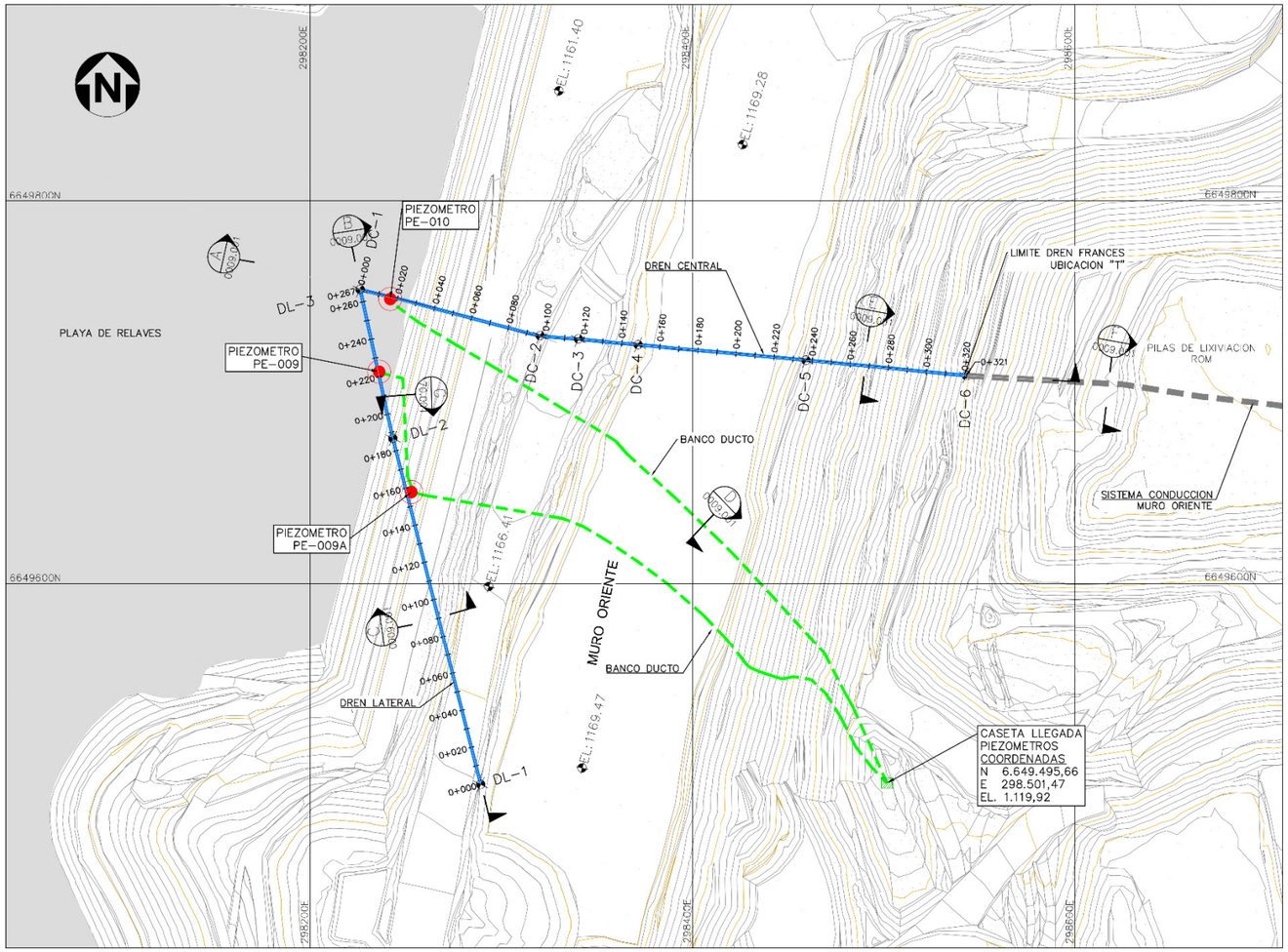




SIMBOLOGIA
- PIEZOMETRO
- TOPOGRAFIA BASE ENERO 2007
- TOPOGRAFIA DICIEMBRE 2020

NOTAS:
1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m]
2. TOPOGRAFÍA BASE SEGÚN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LÁSER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA A DICIEMBRE DE 2020.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. PARA REFERENCIA DE SECCIONES VER PLANO N° E40221-6000-DTCO-PLN-0008.000.
5. A PARTIR DE JUNIO 2013 SE PIERDE SEÑAL DE PIEZÓMETRO PE-020.

Figura 4-6: MO; Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta al 2.020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.000, Wood).



PLANTA GENERAL SISTEMA DE DRENAJE Y UBICACION DE PIEZOMETROS MURO ORIENTE
Escala 1:2.500

CUADRO DE COORDENADAS DREN CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
DC-1	6.649.753,74	298.226,26
DC-2	6.649.729,66	298.320,57
DC-3	6.649.726,00	298.340,35
DC-4	6.649.725,01	298.371,57
DC-5	6.649.716,89	298.459,35
DC-6	6.649.708,90	298.543,27

CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL

VERTICE	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
DL-1	6.649.494,79	298.289,29
DL-2	6.649.675,78	298.243,36
DL-3	6.649.753,74	298.226,26

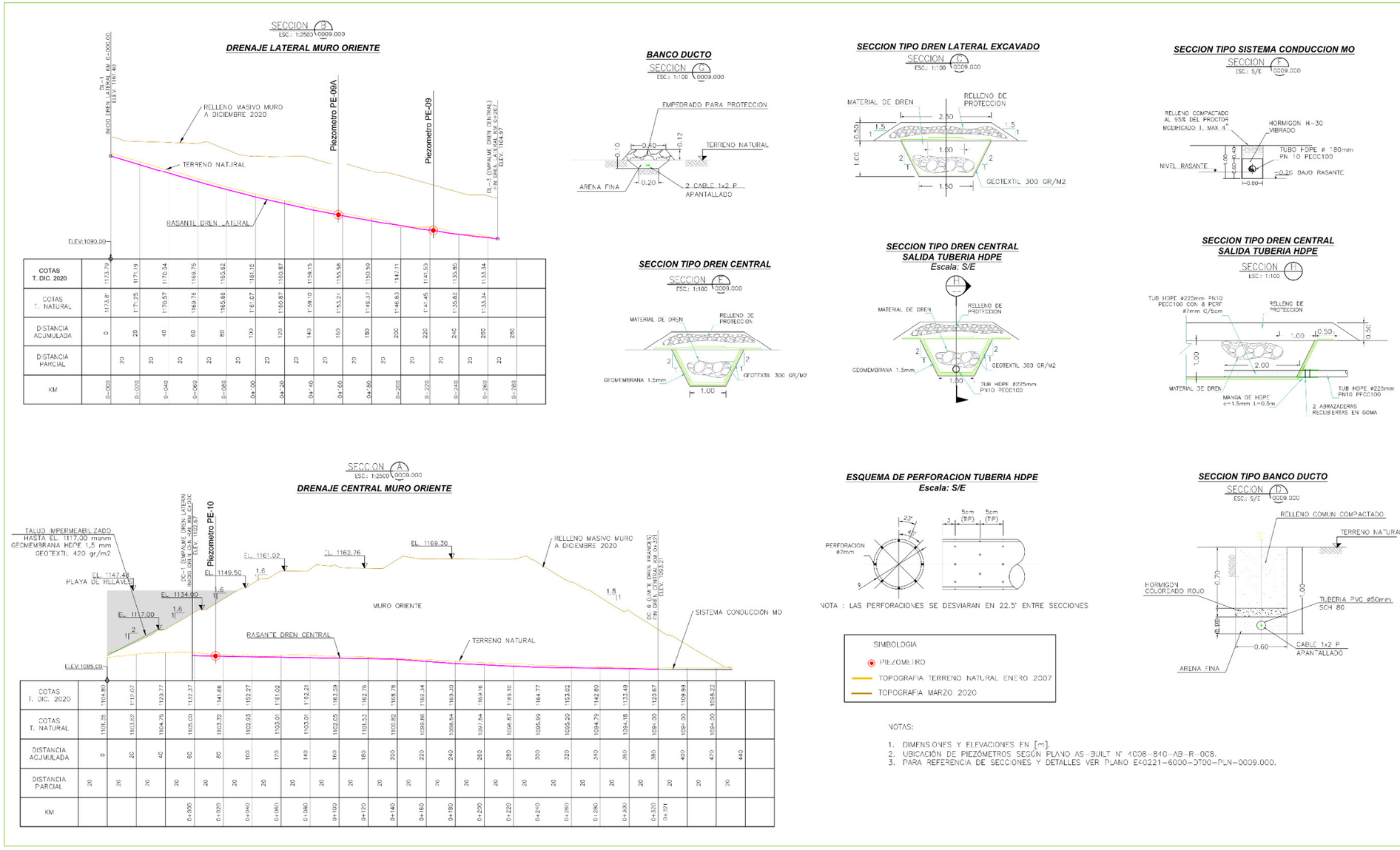
CUADRO UBICACIÓN PIEZOMETROS

PIEZOMETRO	COORDENADAS		
	NORTE	ESTE	ELEVACION
PE-009	6.649.710,90	298.236,19	1.110,05
PE-009A	6.649.647,81	298.253,03	1.120,95
PE-010	6.649.748,81	298.242,00	1.103,22

SIMBOLOGIA
- PE-XXX PIEZOMETRO
- BANCODUCTO
- SISTEMA DE DRENAJE
- CASETA

NOTAS:
1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. TOPOGRAFIA BASE SEGÚN LEVANTAMIENTO AEROTRANSPORTADO LÁSER ENERO 2007 Y COMPLEMENTADO CON TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA A DICIEMBRE DE 2020.
3. SISTEMA DE COORDENADAS UTM, DATUM PSAD56 HUSO 19.
4. UBICACIÓN Y DISPOSICIÓN DE SISTEMA DRENAJE SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-010, ETAPA 2 DEPOSITO DE RELAVES.
5. UBICACIÓN DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-008.
6. PARA DETALLE DE SECCIONES VER PLANO E40221-6000-DT00-PLN-0009.001.

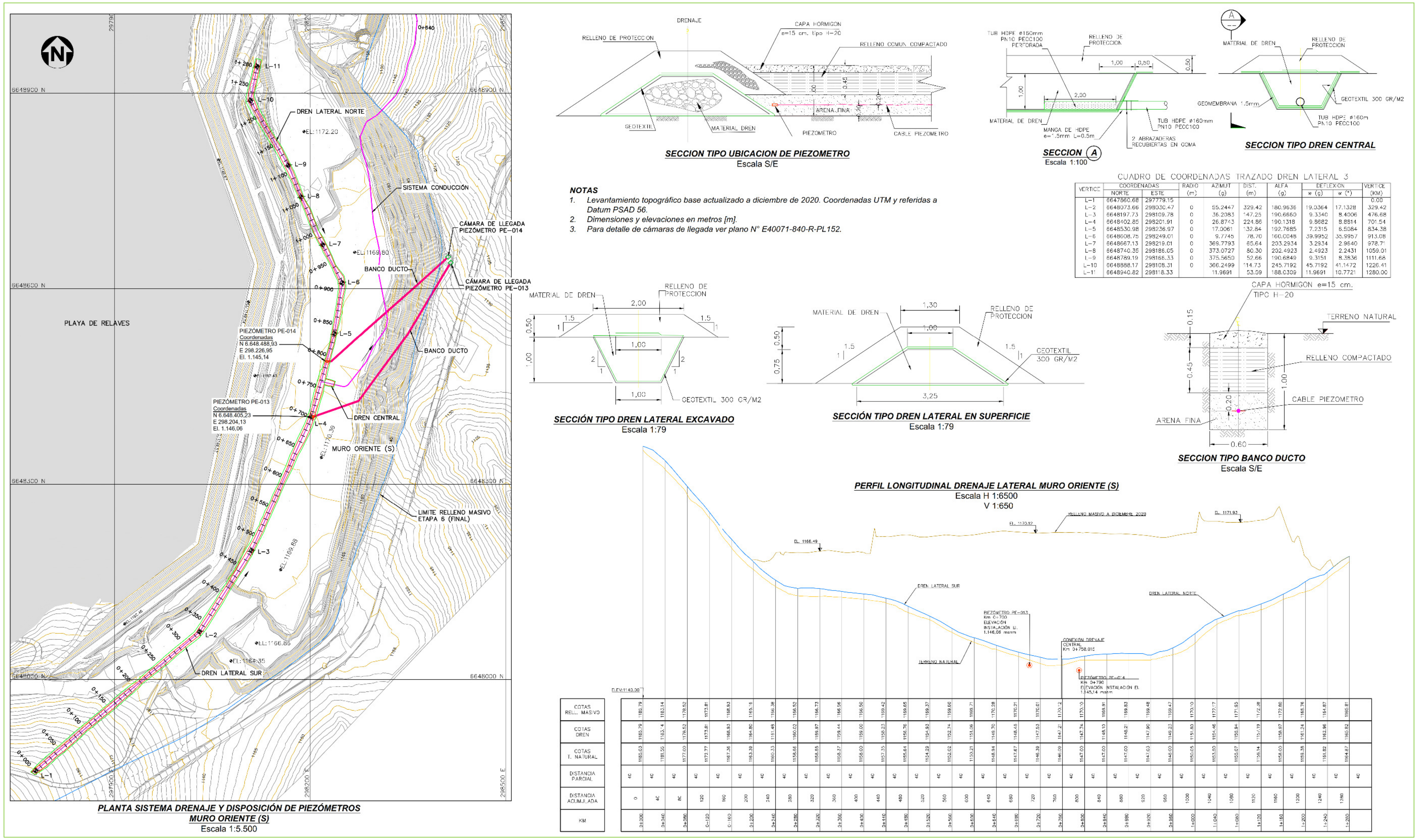
Figura 4-7: MO, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0009.001, Wood).



NOTAS:

1. DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].
2. UBICACION DE PIEZÓMETROS SEGÚN PLANO AS-BUILT N° 4008-840-AB-R-008.
3. PARA REFERENCIA DE SECCIONES Y DETALLES VER PLANO E40221-6000-DT00-PLN-0009.000.

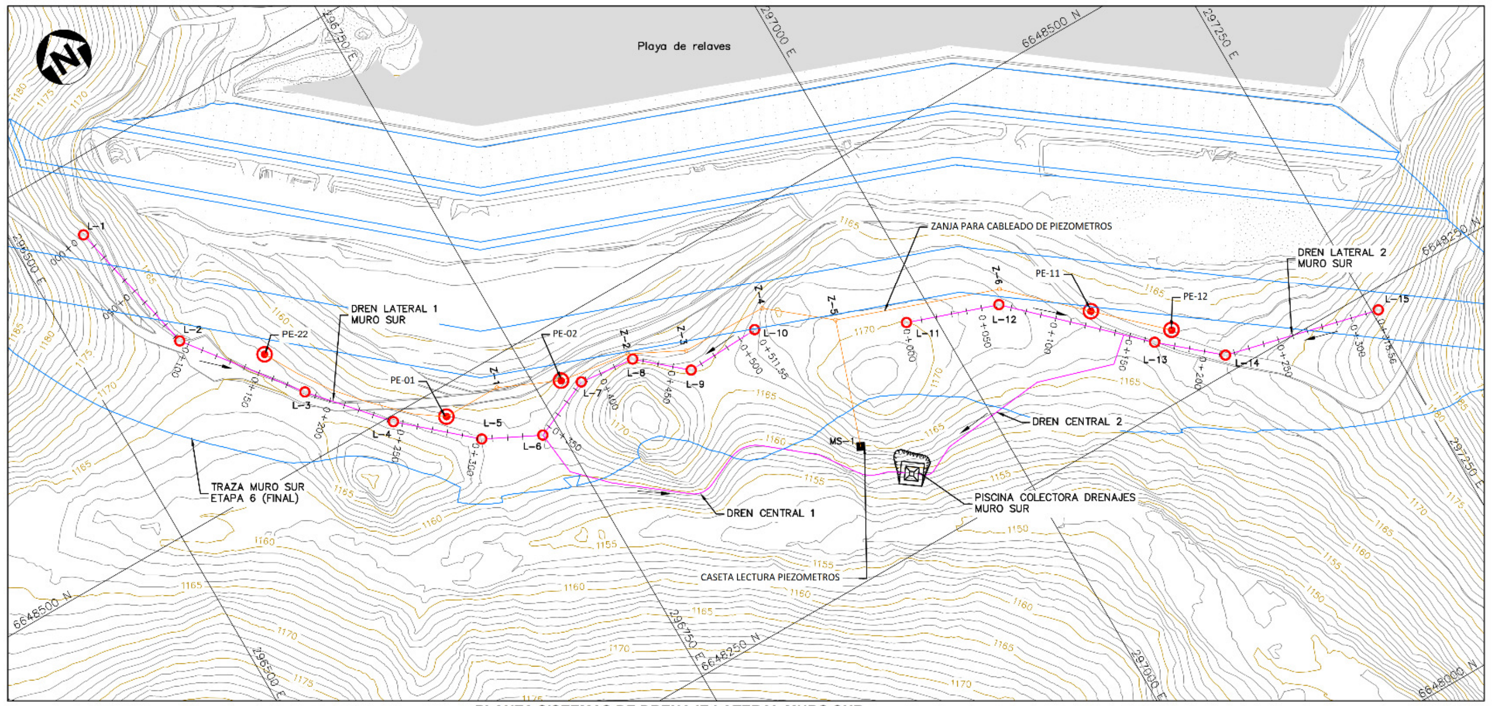
Figura 4-8: MO(S), Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles al 2020.12.31 (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0010, Wood).



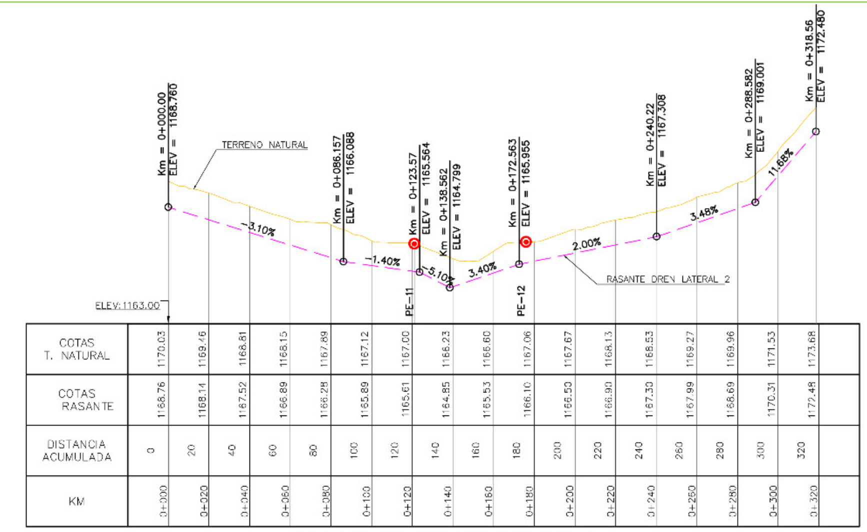
CUADRO DE COORDENADAS TRAZADO DREN LATERAL 3

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION w (g)	DEFLEXION w (°)	VERTICE (KM)
L-1	6647860.68	297779.15							0.00
L-2	6648073.66	298030.47	0	55.2447	329.42	180.9636	19.0364	17.1328	329.42
L-3	6648197.73	298109.78	0	36.2083	147.25	190.6660	9.3340	8.4006	476.68
L-4	6648402.85	298201.91	0	26.8743	224.86	190.1318	9.8682	8.8814	701.54
L-5	6648530.98	298236.97	0	17.0061	132.84	192.7685	7.2315	6.5084	834.38
L-6	6648608.75	298249.01	0	9.7745	78.70	160.0048	39.9952	35.9957	913.08
L-7	6648667.13	298219.01	0	369.7793	65.64	203.2934	3.2934	2.9640	978.71
L-8	6648740.35	298186.05	0	373.0727	80.30	202.4923	2.4923	2.2431	1059.01
L-9	6648789.19	298166.33	0	375.5650	52.66	190.6849	9.3151	8.3836	1111.68
L-10	6648888.17	298108.31	0	366.2499	114.73	245.7192	45.7192	41.1472	1226.41
L-11	6648940.82	298118.33		11.9691	53.59	188.0309	11.9691	10.7721	1280.00

Figura 4-9: MS, Sistema de Drenes Laterales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0003, Wood).



PLANTA SISTEMAS DE DRENAJE LATERAL MURO SUR
Esc. 1: 4000



PERFIL LONGITUDINAL DREN LATERAL 2
Esc. H 1: 3000
V 1:300

Cuadro de coordenadas zanja para cables piezómetros		
Piezometro	Coordenadas	
	Norte	Este
PE-001	6.648.481,47	296.689,99
Z-1	6.648.481,50	296.728,10
PE-002	6.648.464,37	296.766,85
Z-2	6.648.457,80	296.813,50
Z-3	6.648.440,50	296.847,80
Z-4	6.648.439,70	296.904,90
Z-5	6.648.408,90	296.942,60
Z-6	6.648.372,70	297.045,80
PE-011	6.648.330,18	297.090,48
PE-012	6.648.293,06	297.130,19
MS1	6.648.328,80	296.915,40

Cuadro de coordenadas piezómetros		
Piezometro	Coordenadas	
	Norte	Este
PE-01	6.648.481,47	296.689,99
PE-02	6.648.464,37	296.766,85
PE-11	6.648.330,18	297.090,48
PE-12	6.648.293,06	297.130,19
PE-22	6.648.576,57	296.607,09

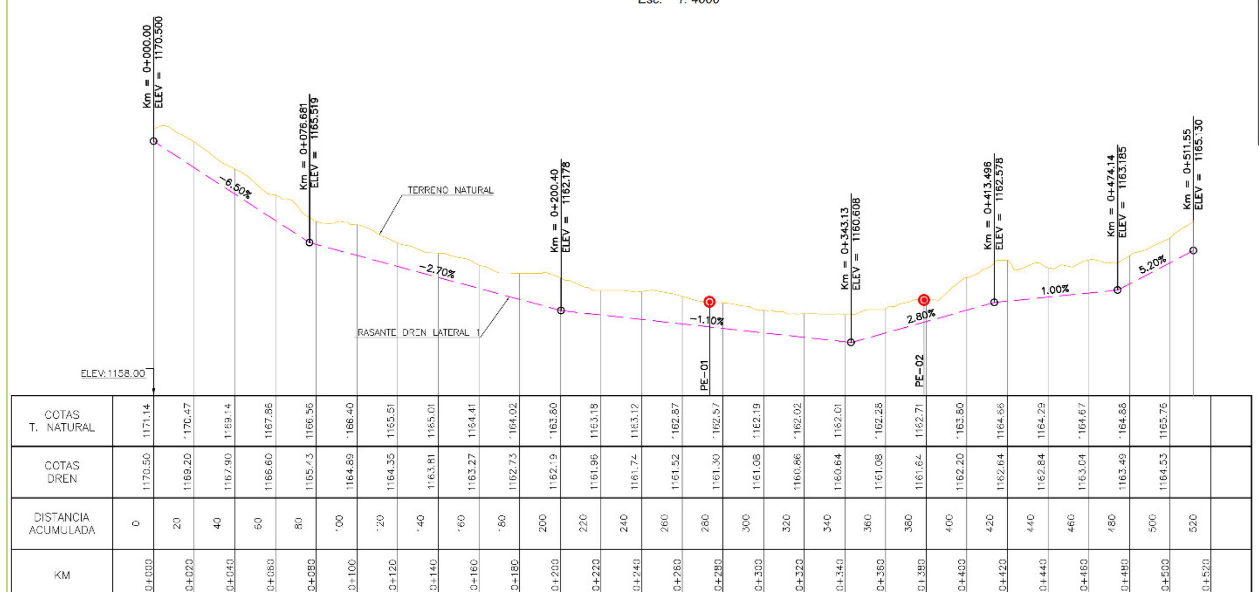
CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL 1

VERTICE	COORDENADAS		RADIO	AZIMUT	DIST.	ALFA	DEFLEXION		VERTICE
	NORTE	ESTE	(m)	(g)	(m)	(g)	w (g)	w (°)	(KM)
L-1	6.648.704,03	296.543,75							0,00
L-2	6.648.612,00	296.563,31	0	186,6706	94,09	171,3038	28,6962	25,8266	94,09
L-3	6.648.542,00	296.617,65	0	157,9744	88,61	196,0470	3,9530	3,5577	182,70
L-4	6.648.496,02	296.658,16	0	154,0214	61,28	191,7314	8,2686	7,4417	243,98
L-5	6.648.457,13	296.702,62	0	145,7528	59,07	183,4556	16,5444	14,8899	303,05
L-6	6.648.439,38	296.738,56	0	129,2085	40,08	143,9727	56,0273	50,4246	343,13
L-7	6.648.456,98	296.777,84	0	73,1812	43,05	233,3749	33,3749	30,0374	386,18
L-8	6.648.453,18	296.814,64	0	106,5561	36,99	238,7218	38,7218	34,8496	423,17
L-9	6.648.427,68	296.844,22	0	145,2779	39,05	151,8645	48,1355	43,3219	462,23
L-10	6.648.429,90	296.893,49		97,1424	49,32	102,8576	97,1424	87,4281	511,55

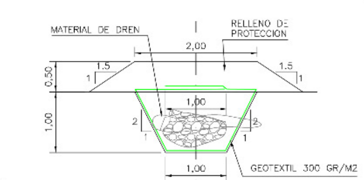
CUADRO DE COORDENADAS DREN LATERAL 2

VERTICE	COORDENADAS		RADIO	AZIMUT	DIST.	ALFA	DEFLEXION		VERTICE
	NORTE	ESTE	(m)	(g)	(m)	(g)	w (g)	w (°)	(KM)
L-11	6.648.384,12	296.982,09							0,00
L-12	6.648.364,00	297.040,47	0	121,1210	61,75	227,3322	27,3322	24,5989	61,75
L-13	6.648.291,54	297.116,54	0	148,4532	105,07	196,3657	3,6343	3,2708	166,82
L-14	6.648.260,97	297.152,54	0	144,8189	47,22	170,1263	29,8737	26,8863	214,04
L-15	6.648.236,66	297.254,20		114,9452	104,52	85,0548	114,9452	103,4507	318,56

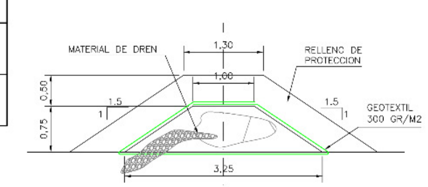
SIMBOLOGIA
- Traza diseño muro sur (etapa 6)
- Sistema drenaje muro
- Geotextil 300 gr/m2
- Zanja para cableado de piezómetros
- Camara llegada cableado de piezómetros
- Piezómetro



PERFIL LONGITUDINAL DREN LATERAL 1
Esc. H 1: 3000
V 1:300



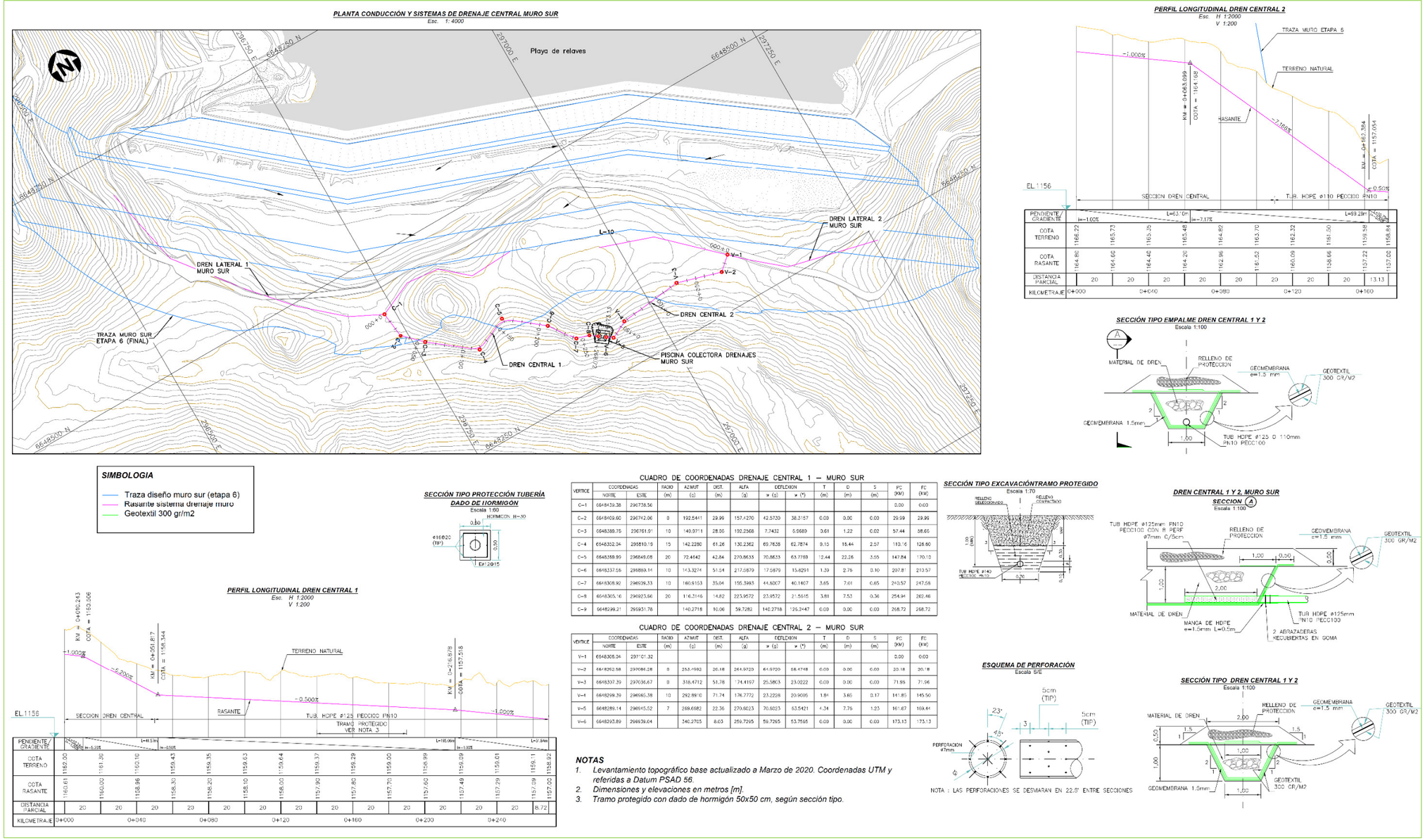
SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
Esc. 1:100



SECCIÓN TIPO DREN LATERAL EN SUPERFICIE
Esc. 1:100

NOTAS
1. *Levantamiento topográfico base actualizado a octubre de 2020. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *La utilización del dren lateral en superficie la definirá la supervisión Wood.*
4. *Las camaras de llegada del cableado de los piezómetros serán de hormigón armado H-30, tipo "B" con tapa desmontable de 0,60x0,60x0,30 m.*
5. *Las zanjas para el cableado de los piezómetros contemplan la pendiente propia del terreno natural post escarpe, adaptándose a la topografía del terreno y de acuerdo a la sección tipo.*
6. *Las excavaciones para la instalación de los instrumentos (piezometros)son proporcionales al tamaño de estos, de manera que faciliten su adecuación en la posición y orientación indicadas y su posterior relleno compactado, según esto las dimensiones de las zanjas podrían ajustarse a los requerimientos de terreno.*
7. *La compactación alrededor del instrumento debe ser con pisones manuales livianos para no dañar el cable. Este procediendo se realiza como mínimo 50 cm sobre el instrumento, luego de lo cual se puede continuar con la compactación mecánica liviana.*
8. *Los instrumentos instalados (piezómetros) deben ser previamente calibrados in-situ, se deben determinar sus coordenadas de instalación y realizar una lectura de datos luego de que la zanja haya sido rellenada manualmente y después de que se haya compactado.*
9. *Los cables se instalan con holgura total mínima de 4% de la longitud del cable enrollado en la cámara.*

Figura 4-10: MS, Sistema de Drenes Centrales y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0004, Wood).



CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL 1 – MURO SUR

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (°)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION ω (g)	DEFLEXION ω (°)	T (m)	D (m)	S (m)	PC (KM)	FC (KM)
C-1	6648439.38	296738.56										0.00	0.00
C-2	6648409.60	296742.06	0	192.5441	29.99	157.4270	42.5730	38.3157	0.00	0.00	0.00	29.99	29.99
C-3	6648389.75	296761.91	10	149.9711	28.06	192.2568	7.7432	6.9689	3.61	1.22	0.02	57.44	58.05
C-4	6648352.24	296810.19	15	142.2280	61.26	130.2362	69.7638	62.7874	9.15	15.44	2.57	118.16	126.60
C-5	6648388.99	296849.08	20	72.4642	42.84	270.5633	70.5633	63.5069	12.44	22.26	3.65	147.84	170.10
C-6	6648337.58	296889.14	10	143.3274	51.54	217.0879	17.0879	15.3791	1.39	2.78	0.10	297.81	210.57
C-7	6648308.92	296929.33	10	160.9153	35.04	155.3963	44.6007	40.1407	3.65	7.01	0.65	240.57	247.58
C-8	6648305.16	296923.56	20	176.3146	14.82	223.9572	23.9572	21.5615	3.81	7.53	0.36	254.94	262.46
C-9	6648299.21	296931.78		140.2718	10.06	59.7282	140.2718	126.2447	0.00	0.00	0.00	268.72	268.72

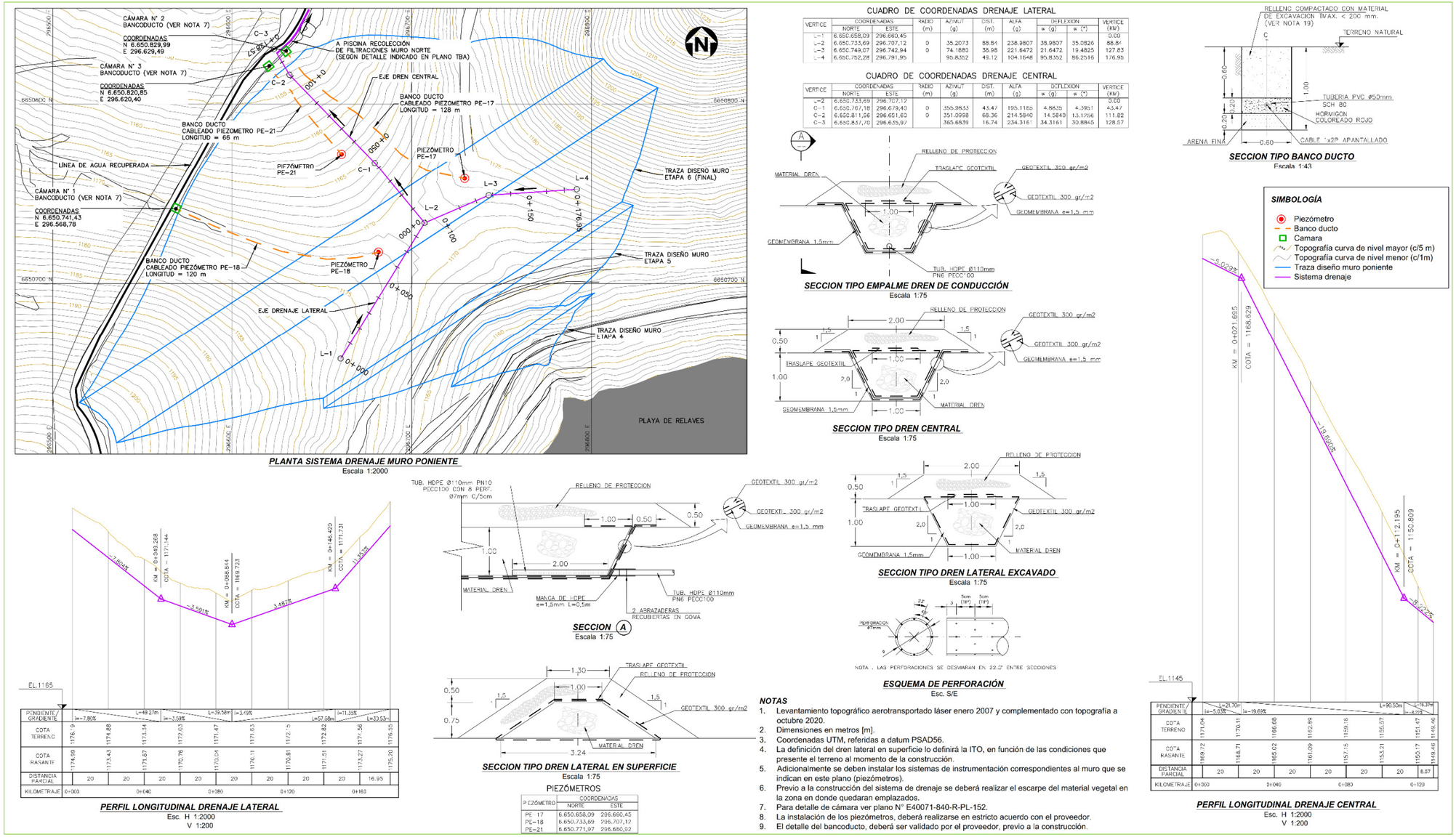
CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL 2 – MURO SUR

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (°)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION ω (g)	DEFLEXION ω (°)	T (m)	D (m)	S (m)	PC (KM)	FC (KM)
V-1	6648308.24	297101.32										0.00	0.00
V-2	6648292.58	297086.28	0	253.4992	20.18	264.9728	64.9728	58.4748	0.00	0.00	0.00	20.18	20.18
V-3	6648297.39	297036.67	0	318.4712	51.78	214.4197	25.5803	23.0222	0.00	0.00	0.00	71.96	71.96
V-4	6648299.39	296985.38	10	292.8910	71.74	176.7772	23.2228	20.9006	1.84	3.65	0.17	141.85	145.50
V-5	6648289.14	296945.52	7	289.6682	22.36	270.6023	70.6023	63.5421	4.34	7.76	1.23	161.67	169.44
V-6	6648293.89	296939.04		340.2705	8.03	259.7295	59.7295	53.7565	0.00	0.00	0.00	173.13	173.13

NOTAS

1. *Levantamiento topográfico base actualizado a Marzo de 2020. Coordenadas UTM y referidas a Datum PSAD 56.*
2. *Dimensiones y elevaciones en metros [m].*
3. *Tramo protegido con dado de hormigón 50x50 cm, según sección tipo.*

Figura 4-11: MP, Sistema de Drenaje y Disposición de Piezómetros Cuerda Vibrante, Planta y Perfiles, Proyectado (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0002, Wood).



PLANTA SISTEMA DRENAJE MURO PONIENTE
Escala 1:2000

CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE LATERAL

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION w (g)	DEFLEXION w (°)	VERTICE (KM)
L-1	6.650.658,09	296.660,45							0.00
L-2	6.650.733,69	296.707,12	0	35.2073	88.84	238.9807	35.9807	35.0826	88.84
L-3	6.650.749,07	296.742,94	0	74.1880	38.98	221.6472	21.6472	19.4825	127.83
L-4	6.650.752,28	296.791,95		95.8352	49.12	104.1648	95.8352	86.2516	176.95

CUADRO DE COORDENADAS DRENAJE CENTRAL

VERTICE	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE	RADIO (m)	AZIMUT (g)	DIST. (m)	ALFA (g)	DEFLEXION w (g)	DEFLEXION w (°)	VERTICE (KM)
C-2	6.650.733,69	296.707,12							0.00
C-1	6.650.767,18	296.679,40	0	350.9853	43.47	195.1160	4.8835	4.3951	43.47
C-2	6.650.811,56	296.651,60	0	351.0998	68.36	214.5840	14.5840	13.1256	111.82
C-3	6.650.857,70	296.635,97		365.6839	16.74	234.3161	34.3161	30.8845	128.57

SECCION TIPO EMPALME DREN DE CONDUCCIÓN
Escala 1:75

SECCION TIPO DREN CENTRAL
Escala 1:75

SECCION TIPO BANCO DUCTO
Escala 1:43

SIMBOLOGÍA

- Piezómetro
- Banco ducto
- Camara
- Topografia curva de nivel mayor (c/5 m)
- Topografia curva de nivel menor (c/1m)
- Traza diseño muro poniente
- Sistema drenaje

PENDIENTE / GRADIENTE		L=49.27m		L=39.58m	i=3.48%		L=57.58m	i=11.35%	L=33.53m
	i=-7.80%	i=-3.59%							
COTA TERRENO	1176.19	1174.88	1173.34	1172.63	1171.47	1171.63	1172.15	1172.82	1177.56	1176.55
COTA RASANTE	1174.98	1173.43	1171.87	1170.76	1170.04	1170.11	1170.81	1171.51	1173.27	1175.20
DISTANCIA PARCIAL	20	20	20	20	20	20	20	20	16.95	
KILOMETRAJE	0+000		0+040		0+080		0+120		0+169	

EL.1165

PERFIL LONGITUDINAL DRENAJE LATERAL
Esc. H 1:2000
V 1:200

SECCION (A)
Escala 1:75

SECCION TIPO DREN LATERAL EN SUPERFICIE
Escala 1:75

PIEZÓMETROS

PIEZÓMETRO	COORDENADAS NORTE	COORDENADAS ESTE
PE-17	6.650.658,09	296.660,45
PE-18	6.650.733,69	296.707,12
PE-21	6.650.771,97	296.650,92

SECCION TIPO DREN LATERAL EXCAVADO
Escala 1:75

NOTA : LAS PERFORACIONES SE DESVIARAN EN 22,5° ENTRE SECCIONES

ESQUEMA DE PERFORACIÓN
Esc. S/E

NOTAS

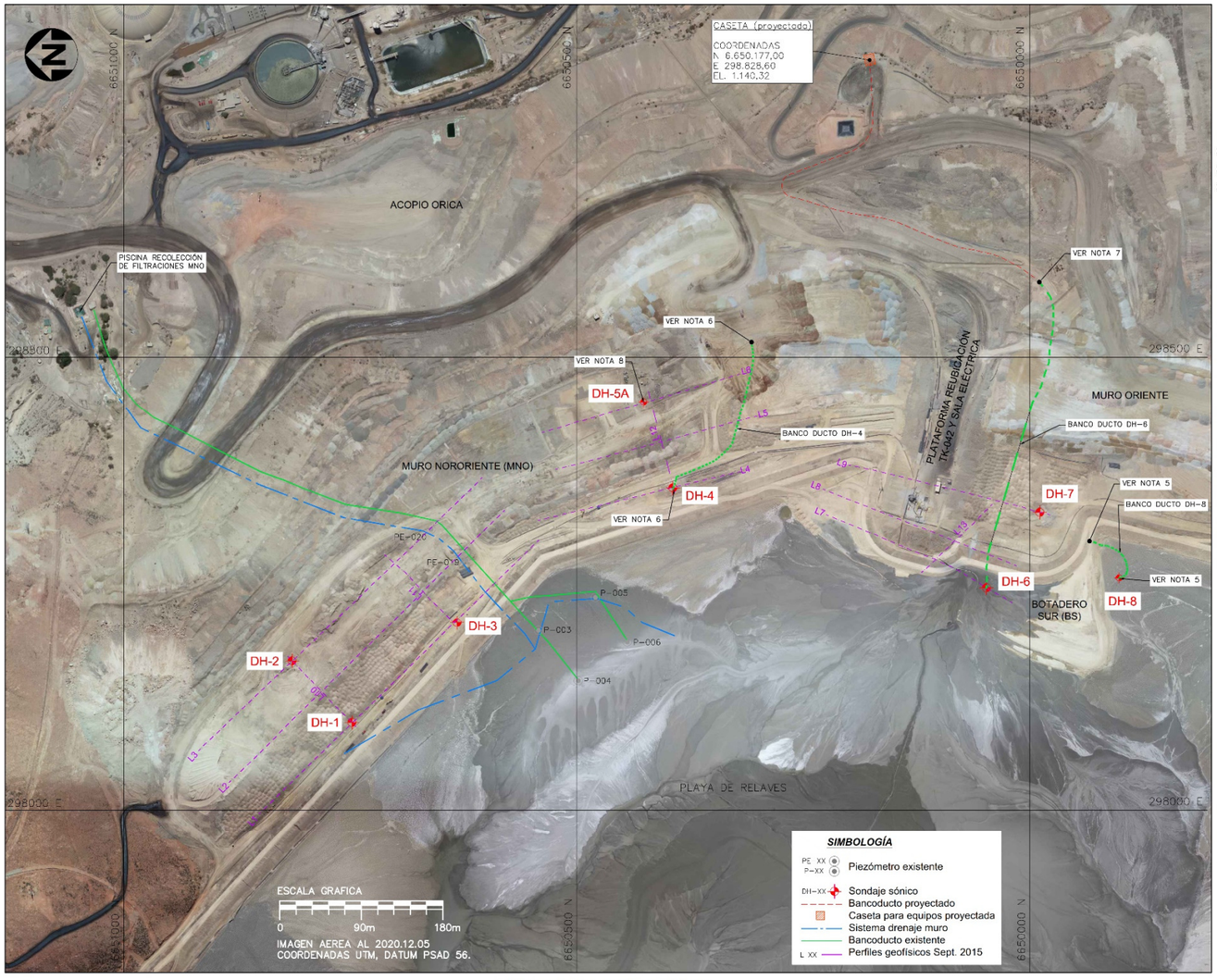
1. Levantamiento topográfico aerotransportado láser enero 2007 y complementado con topografía a octubre 2020.
2. Dimensiones en metros [m].
3. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56.
4. La definición del dren lateral en superficie lo definirá la ITO, en función de las condiciones que presente el terreno al momento de la construcción.
5. Adicionalmente se deben instalar los sistemas de instrumentación correspondientes al muro que se indican en este plano (piezómetros).
6. Previo a la construcción del sistema de drenaje se deberá realizar el escarpe del material vegetal en la zona en donde quedaran emplazados.
7. Para detalle de cámara ver plano N° E40071-840-R-PL-152.
8. La instalación de los piezómetros, deberá realizarse en estricto acuerdo con el proveedor.
9. El detalle del bancoducto, deberá ser validado por el proveedor, previo a la construcción.

EL.1145

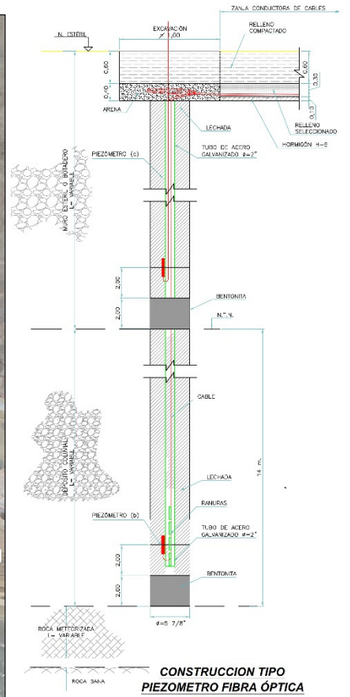
PENDIENTE / GRADIENTE		L=21.70m	i=-19.69%			L=90.50m	L=16.37m
	i=-5.03%						i=-4.72%
COTA TERRENO	1171.04	1170.11	1166.68	1162.89	1159.16	1155.57	1151.47	1150.17
COTA RASANTE	1169.72	1168.71	1165.02	1161.09	1157.15	1153.21	1150.17	1149.46
DISTANCIA PARCIAL	20	20	20	20	20	20	8.57	
KILOMETRAJE	0+000		0+040		0+080		0+120	

PERFIL LONGITUDINAL DRENAJE CENTRAL
Esc. H 1:2000
V 1:200

Figura 4-12: Plano E40165-840-R-PL-056_R2 As Built: Sondajes Sónicos e Instalaciones Piezómetros MNO y BS, 2020.12.31.



PLANTA GENERAL SONDAJES SÓNICOS
Escala 1:5.000



ZANJA TIPO BANCODUCTO
Escala S/E

CONSTRUCCION TIPO
PIEZOMETRO FIBRA ÓPTICA
Escala S/E

CUADRO SONDAJES SONICOS

POZOS PIEZOMETRICOS	Coordenadas UTM (Datum PSAD 56)		Elevación Plataforma (m s.n.m)	Longitud pozo (m)	Sensor de Fibra Óptica	Longitud del Cable en Pozo (m)	Elevación sensor (m s.n.m)	Longitud del Cable en Superficie (m)	Long. Total Cable (m)	Long. Cable en Superficie +10% (m)
	Norte	Este								
DH-1	6.650.748,44	298.096,61	1.160,75	53,8	N/A	-	-	-	-	-
DH-2	6.650.814,07	298.165,33	1.166,00	81,65	N/A	-	-	-	-	-
DH-3	6.650.632,65	298.207,25	1.160,40	131,25	N/A	-	-	-	-	-
DH-4	6.650.393,93	298.355,55	1.155,48	98,85	a (1)	75,00	1.080,48	658,00	733,00	748,00
					b (2)	93,00	1.062,48	658,00	751,00	808,00
DH-5A	6.650.426,10	298.450,87	1.165,83	96,8	N/A	-	-	-	-	-
DH-6	6.650.048,05	298.246,02	1.147,99	92,15	a (1)	59,50	1.088,49	901,00	960,50	1.029,00
					b (2)	87,50	1.060,49	901,00	988,50	1.066,00
DH-7	6.649.988,98	298.328,49	1.147,83	100,05	N/A	-	-	-	-	-
DH-8	6.649.901,53	298.256,79	1.140,84	79	a (1)	55,00	1.085,84	870,00	925,00	957,00
					b (2)	73,00	1.067,84	870,00	943,00	957,00

(1) SENSOR INSTALADO DENTRO DEL MURO DE ESTERIL.
(2) SENSOR INSTALADO DENTRO DEL DEPOSITO COLUVIAL.

NOTAS

1. Topografía actualizada a diciembre de 2020. Coordenadas UTM referidas a Datum PSAD56, Huso 19.
2. Coordenadas y elevaciones en metros [m]
3. Imagen aérea base 2020.12.05.
4. Las longitudes de los pozos corresponden a la profundidad teórica del contacto con el terreno natural. La penetración en la roca y/o coluvio subyacente se determina directamente en terreno previo al examen de los testigos de roca y de los objetivos de cada pozo.
5. A partir del 2019.04.12 se pierde señal de piezómetro DH-8 (SDH 8.1) y a partir del 2019.02.15 se pierde señal de piezómetro DH-8 (SDH 8.2). El 2020.01.22 se deshabilita sondaje y se retira caseta de medición.
6. A partir del 2019.03.02 se pierde señal de piezómetro DH-4 (SDH 4.2) y a partir del 2020.04.07 se pierde señal de piezómetro DH-4 (SDH 4.1). El 2020.12.02 se deshabilita sondaje y se retira caseta de medición.
7. Ubicación temporal de caseta para medición de piezómetros DH-6 (SDH 6.1 y SDH 6.2).
8. Sondaje DH-5 se abandona por derrumbe.

Figura 4-13: Detalle Habilitación Piezómetros Casagrande (por WSP, elevaciones de Plataforma según Figura 4-12).

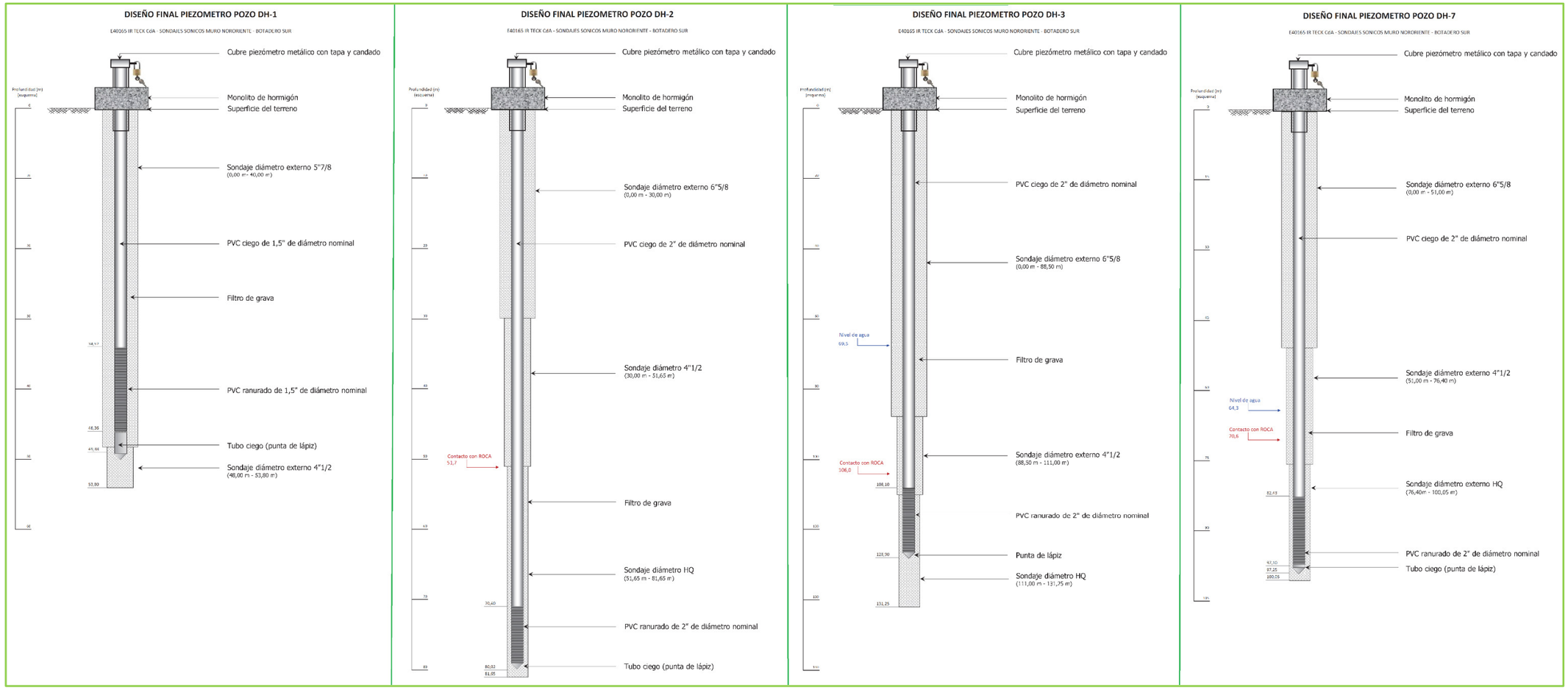
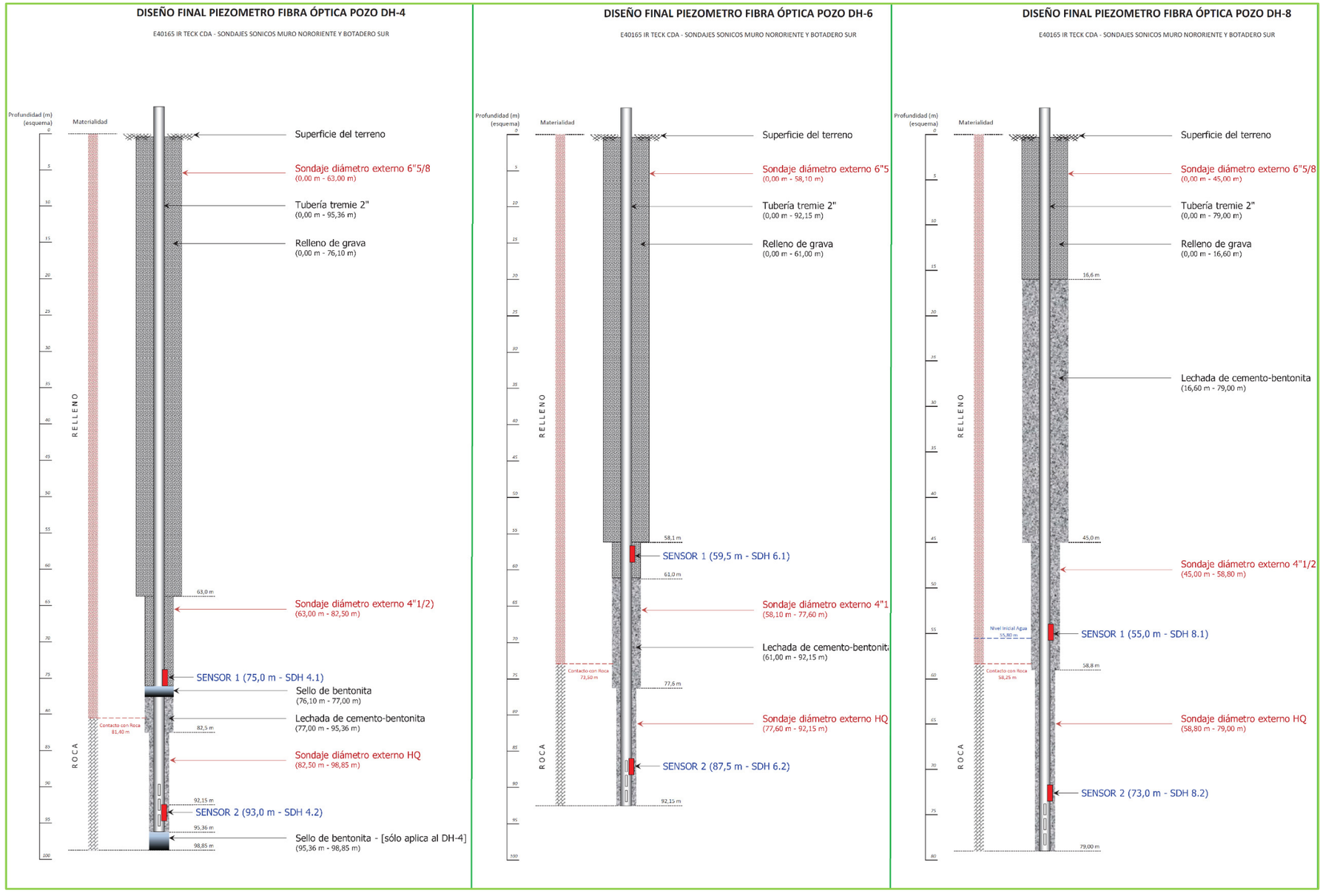


Figura 4-14: Detalle Habilitación Piezómetros Fibra Óptica (por Wood, elevaciones de Plataforma según Figura 4-12).



4.3. Lecturas Instrumentales 2020

4.3.1. Lecturas Piezómetros MN

Respecto de los dos (2) piezómetros instalados en la fundación del MN (PE-015 y PE-016), al momento de escribir el presente informe, se encuentran instalados a una cota bajo la El. de la playa de relaves en contacto con el muro, y sus lecturas están por debajo de la cota de la elevación instrumental, lo que indica que no hay nivel de agua en el relleno del muro, por lo que no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF.

Del mismo modo, dichos piezómetros no presentan actividad al momento de activarse los afloramientos relacionados con la operación de las descargas D2 / D3 y precipitaciones, aguas abajo del MN (ver capítulo 8.4.2).

Figura 4-15: Grafico Piezométrico MN – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

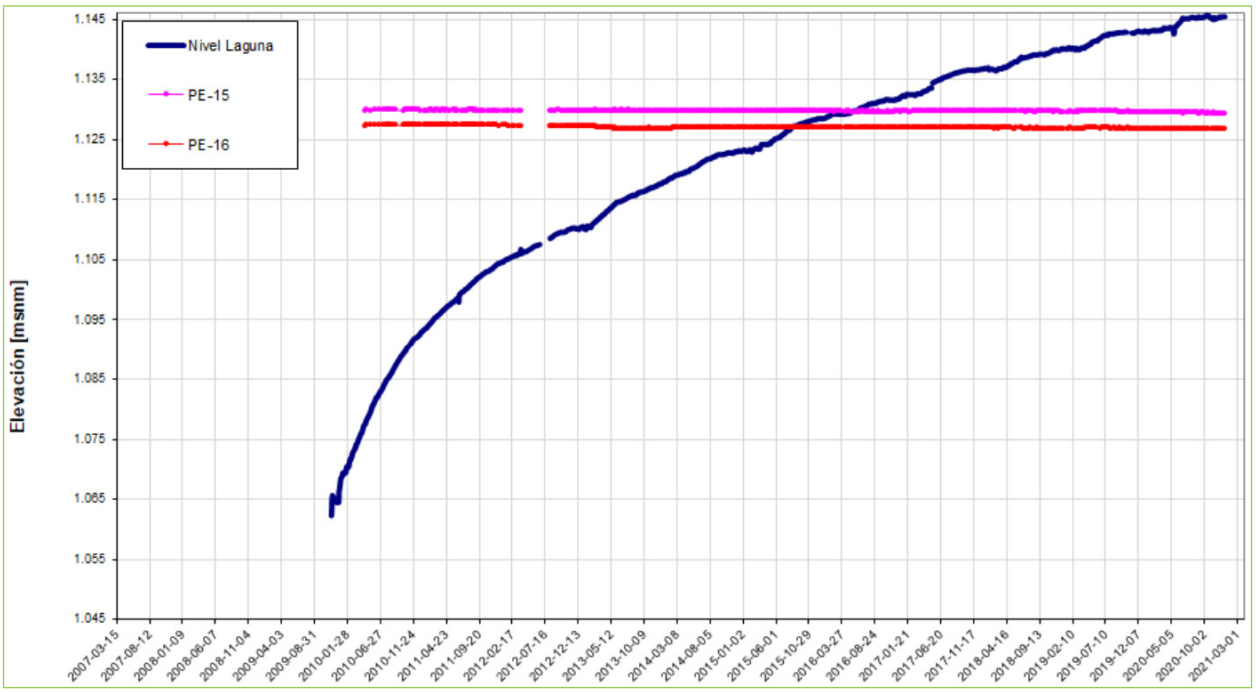


Figura 4-16: Grafico Piezométrico MN, sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

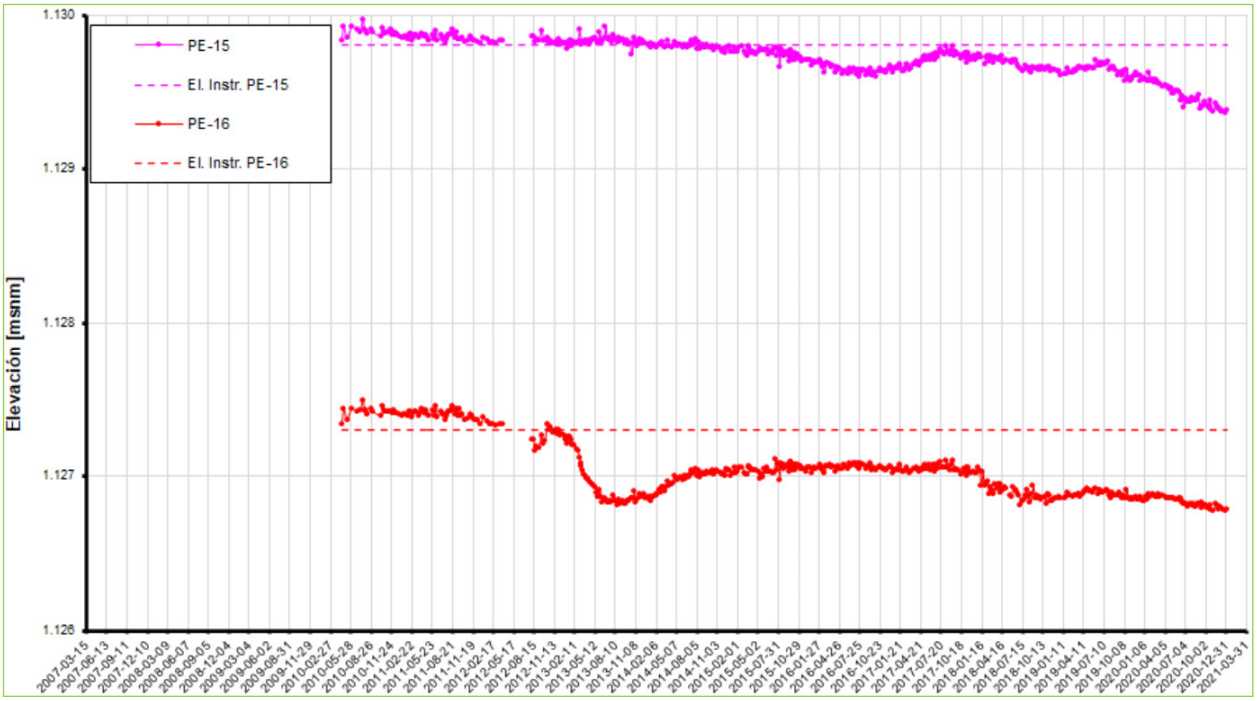


Figura 4-17: Grafico Piezométrico MN, PE - 015 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

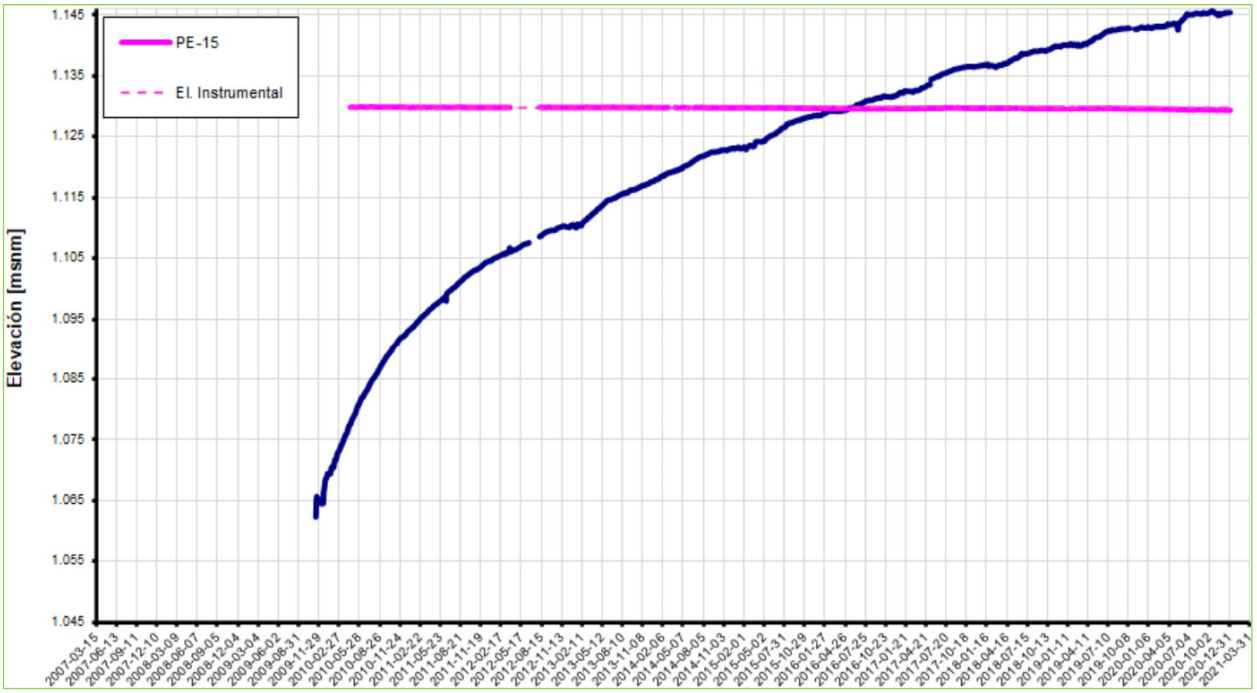
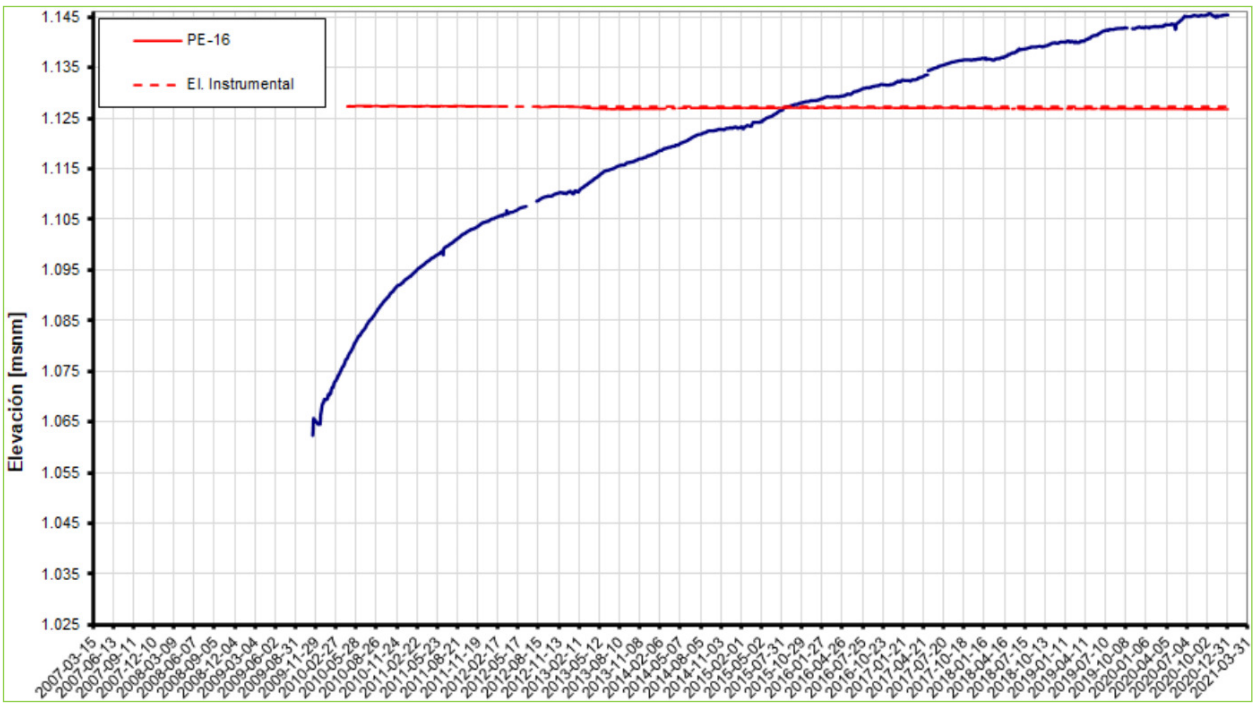


Figura 4-18: Grafico Piezométrico MN, PE - 016 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.3.2. Lecturas Piezómetros MNO

El piezómetro PE-020, está dañado y presenta lecturas espurias desde mediados de 2013, el resto de los piezómetros, se encuentran operativos. Los piezómetros, PE-003, PE-004 y PE-019, presentan un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, a una tasa de + 0,05 cm/d (0,06 cm/d, para el año 2019), +0,05 cm/d (0,06 cm/d, para el año 2019) y +0,09 cm/d (0,07 cm/d, para el año 2019) respectivamente, en tanto los dos (2) piezómetros restantes, PE-005 y PE-006 presentan actividad desde comienzos del año 2019 y fines del año 2018 respectivamente, con una tasa de incremento de - 0,01 cm/d (0,00 cm/d, para el año 2019) y + 0,01 cm/d (+0,01 cm/d, para el año 2019) respectivamente. Esta tendencia de incremento gradual pero baja de los niveles piezométricos en el tiempo se considera relacionado con el crecimiento del depósito y nivel de la laguna de aguas claras, y el efecto de las playas húmedas cercana a los muros, ya sea por la operación propia de los puntos de descarga, como por lagunas parasitas temporales que se forman como parte de la operación de la TMF.

Respecto de los piezómetros PE-19 y PE-20, se deja establecido que están instalados a la cola (aguas abajo) del sistema de drenaje del MNO en el tramo denominado dren central. Para todos los muros el dren central cumple la función de conducción del agua captada por los drenes laterales, pero no es impermeable en todo su perímetro, permitiendo la captación de agua solo por la parte superior (top) del dren, de manera de deprimir el nivel freático hacia aguas abajo de los muros en caso de ser necesario, ya que están diseñados y construidos para mantener drenado el muro.

Todos los piezómetros del MNO, detectaron el sismo 6,7 (Mw) de fecha 19 de enero de 2019, la mayor caída se verificó en el PE-004 y fue de 30 cm, respecto del sismo 6,3 (Mw) del 5 de septiembre de 2020, ningún piezómetro detecta su ocurrencia.

Figura 4-19: Grafico Piezométrico MNO – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

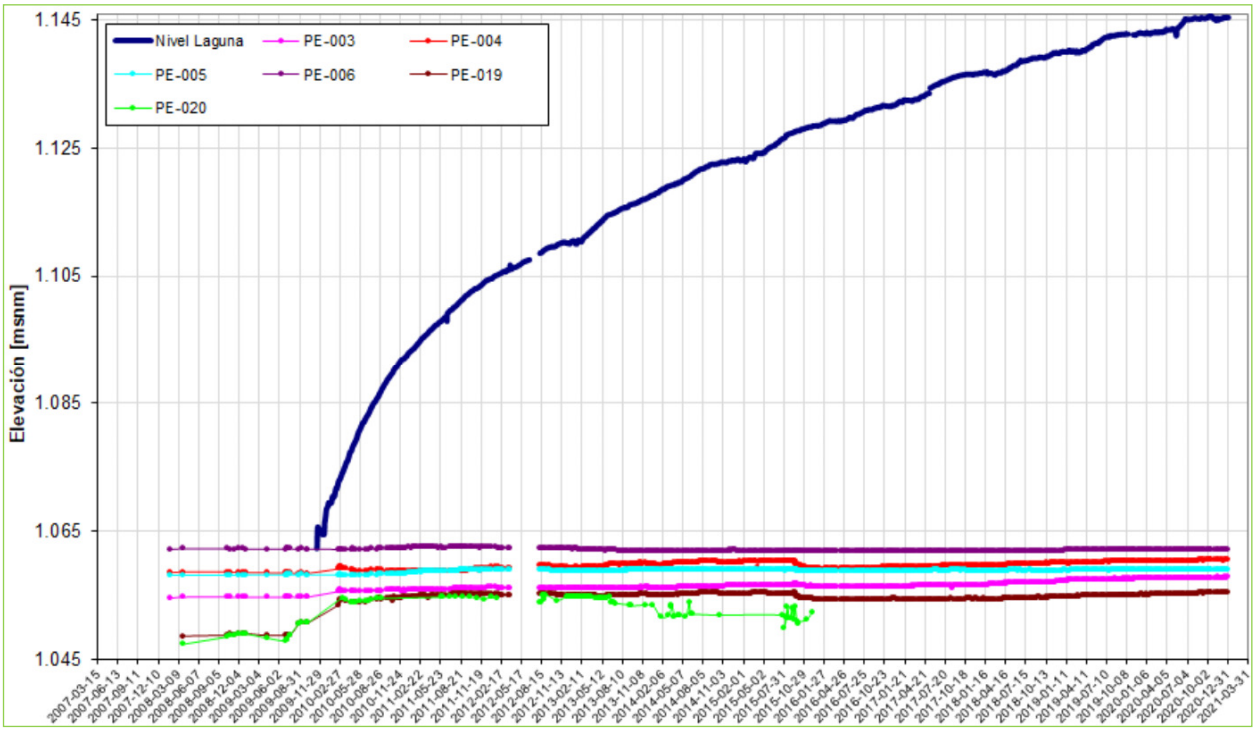
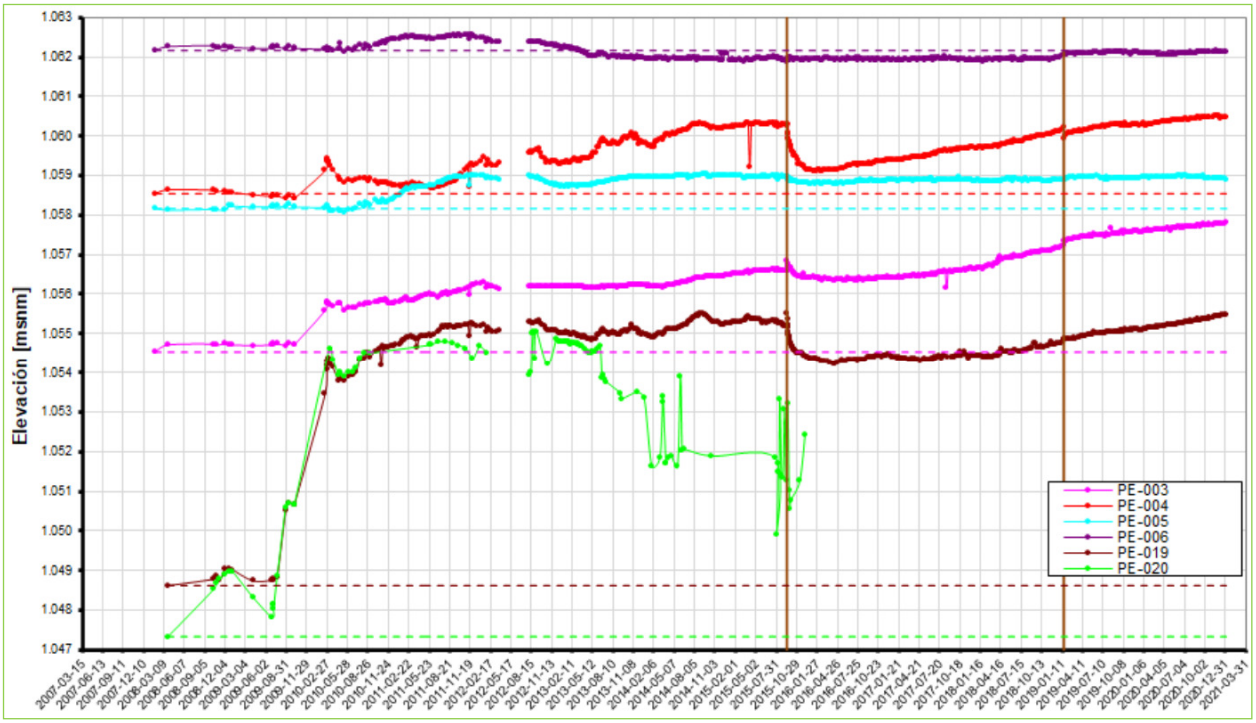


Figura 4-20: Grafico Piezométrico MNO, sin El. Laguna – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



En el caso de la Figura 4-20, las líneas verticales de color café representan los terremotos 16S del año 2015 y 19E del año 2019, respectivamente, las líneas segmentadas corresponden a la elevación instrumental del piezómetro respectivo.

Figura 4-21: Grafico Piezométrico MNO, PE - 003 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

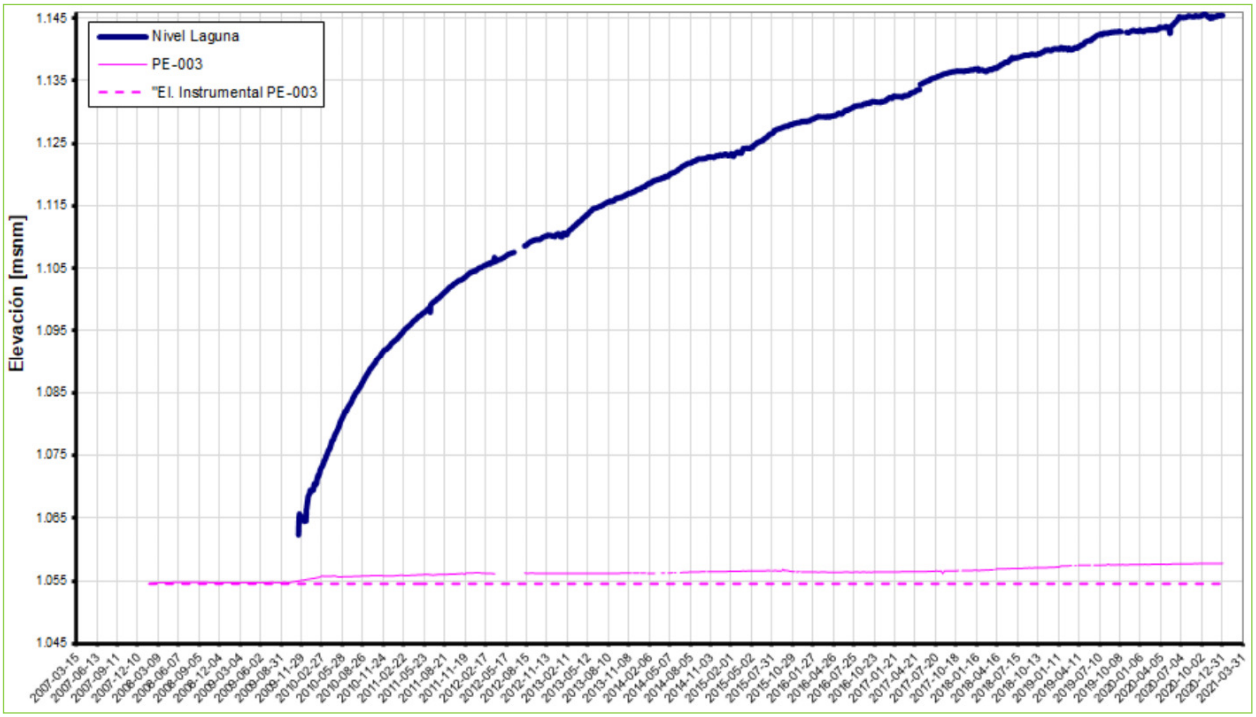


Figura 4-22: Grafico Piezométrico MNO, PE - 004 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

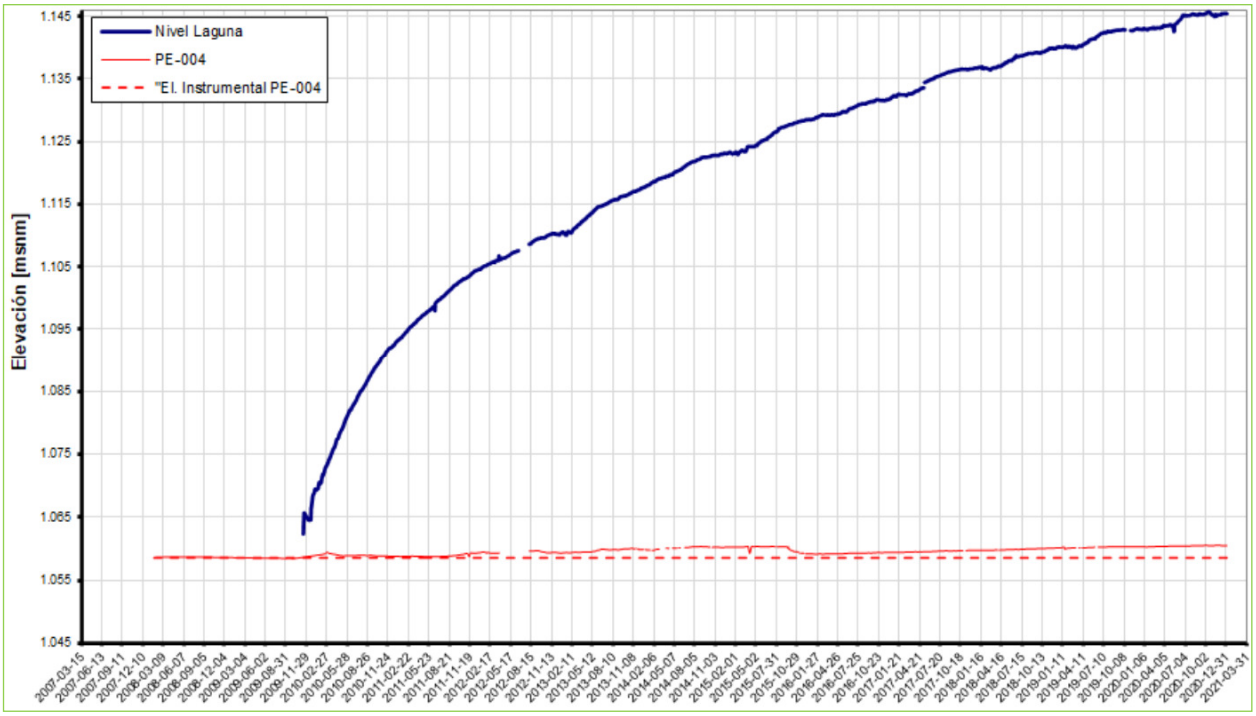


Figura 4-23: Grafico Piezométrico MNO, PE - 005 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

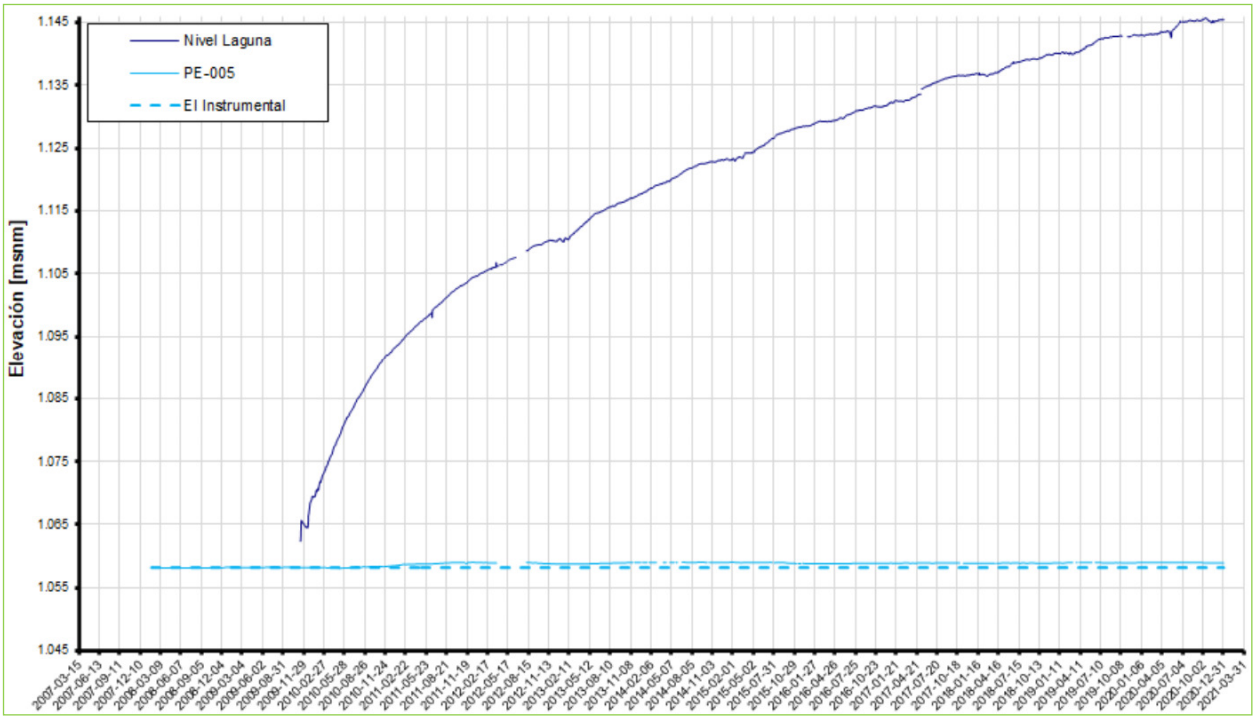


Figura 4-24: Grafico Piezométrico MNO, PE - 006 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

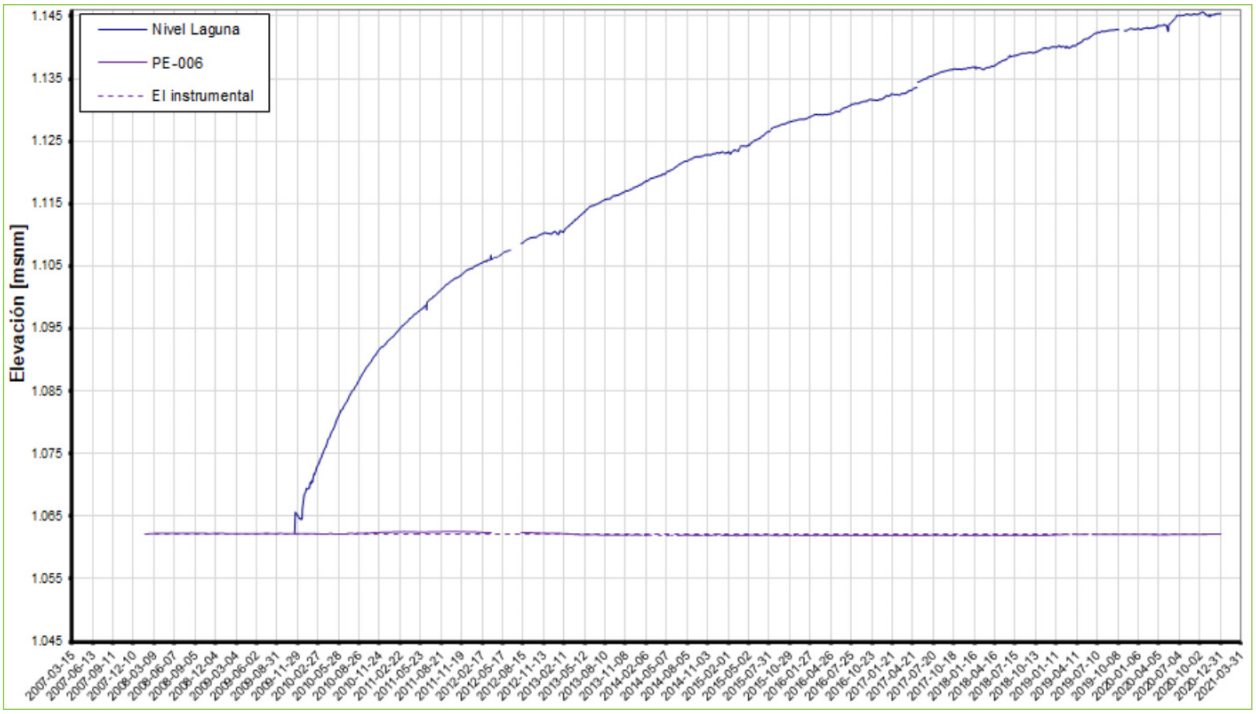


Figura 4-25: Grafico Piezométrico MNO, PE - 019 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

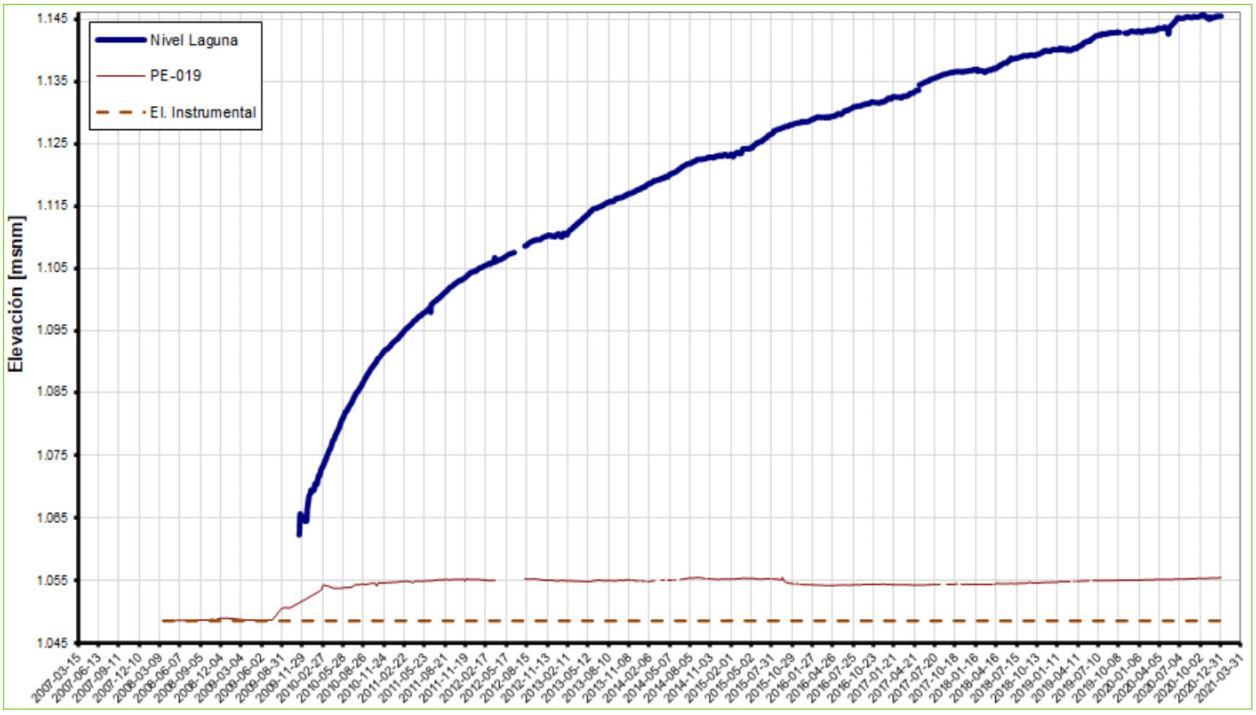
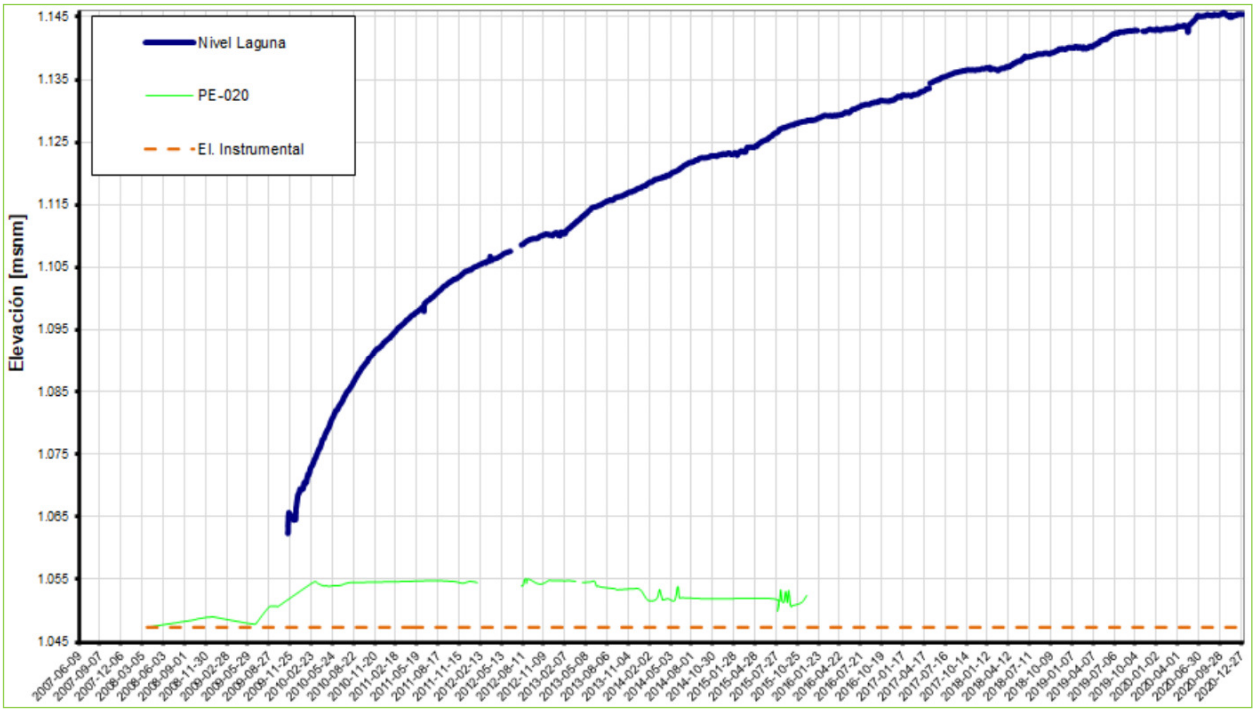


Figura 4-26: Grafico Piezométrico MNO, PE - 020 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



Respecto de la Figuras 4-25 y 4-26, cabe señala que la El. instrumental para los piezómetros PE-19 y PE-20 se encuentra aproximadamente 4,0 m por debajo de la rasante del dren, a diferencia del resto de los piezómetros para los cuales la El. instrumental coincide con la rasante del dren respectivo. Por lo tanto, el nivel freático en [mca] (metros columna de agua) en ellos medido, debe ser leído y utilizado considerando dicha condición de montaje. La rasante del dren coincide con el nivel de la fundación del muro MNO ± 60 cm

4.3.3. Lecturas Piezómetros de Fibra Óptica

Al momento de escribir el presente documento, de los seis (6) piezómetros de fibra óptica instalados al término de la campaña de perforaciones 2018, se ha perdido señal en cuatro (4) instrumentos. GeoMediciones ha revisado esta condición en el sitio a través de pruebas de eco óptico, y han podido determinar que en el caso de los piezómetros del sondaje DH-08 (Pl. El 1.141 msnm BS) existía una discontinuidad de la fibra en las inmediaciones de la salida del pozo, y que en el caso del piezómetro profundo del sondaje DH-04, la discontinuidad estaría dentro de la perforación misma, por lo tanto no son recuperables. En el caso del piezómetro DH-04 (4100), instalado en el relleno del MNO y cuya señal se perdió el 20 de abril de 2020, no se realizan pruebas de eco óptico, dada la contingencia COVID 19.

Respecto de las lecturas piezométricas en el caso DH-04, se puede apreciar que hasta el momento en que se perdió la señal, el instrumento instalado en el relleno no detecta nivel piezométrico.

De los dos (2) piezómetros de fibra óptica, que aún se mantienen operativos, el instrumento DH-6 (6200) habilitado en el sondaje DH-6, este presenta actividad desde finales de agosto 2020, registrando un incremento gradual y sostenido de los niveles de agua medidos, con tasas de aumento de 3 cm/d promedio desde fines de octubre del 2020. Este piezómetro está instalado 14 m bajo la superficie del terreno natural dentro de la roca de fundación y por un periodo de 14 meses arrojaba lecturas de un nivel freático estable con variaciones mínimas.

El piezómetro DH-6 se encuentra relativamente cerca al talud aguas arriba del Botadero Sur, y la revancha de la playa de relaves se ha reducido sistemáticamente en el último trimestre del año 2020, dada la operación intermitente pero sostenida del rebose del cajón distribuidor de relaves, con lo que se buscar levantar la playa en el sector del Botadero Sur, como medida de control adicional que garantice una playa de relave extensa en el sector de la plataforma del Botadero Sur, durante el próximo periodo invernal.

Al término del año 2020 los relaves ya han comenzado a inundar parte de la plataforma del Botadero Sur a la elevación de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, saturando el área aledaña, por lo tanto el comportamiento observado en el DH-6 (6200) se considera previsible, dada la actividad de descarga en el sector que se ha visto incrementada en el último trimestre de 2020.

Respecto al piezómetro DH-6 (6100) instalado dentro del relleno del Botadero Sur, a una cota superior que el DH-6 (6200) (instalado en la roca de fundación), este registra niveles bajo la elevación de instalación instrumental y hasta la fecha no detecta la actividad mostrada por el DH-6 (6200). Del mismo modo, el piezómetro DH-7 (Casagrande, ver Figuras 4-34 y 4-35) ubicado hacia aguas abajo del sondaje DH-6, no ha mostrado variación desde su puesta en servicio a mediados del año 2018, presentando una tasa de descenso de -0,3 cm/d, en el último mes del año 2020.

Figura 4-27: Grafico Piezométrico instrumentos de fibra óptica MNO / BS – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

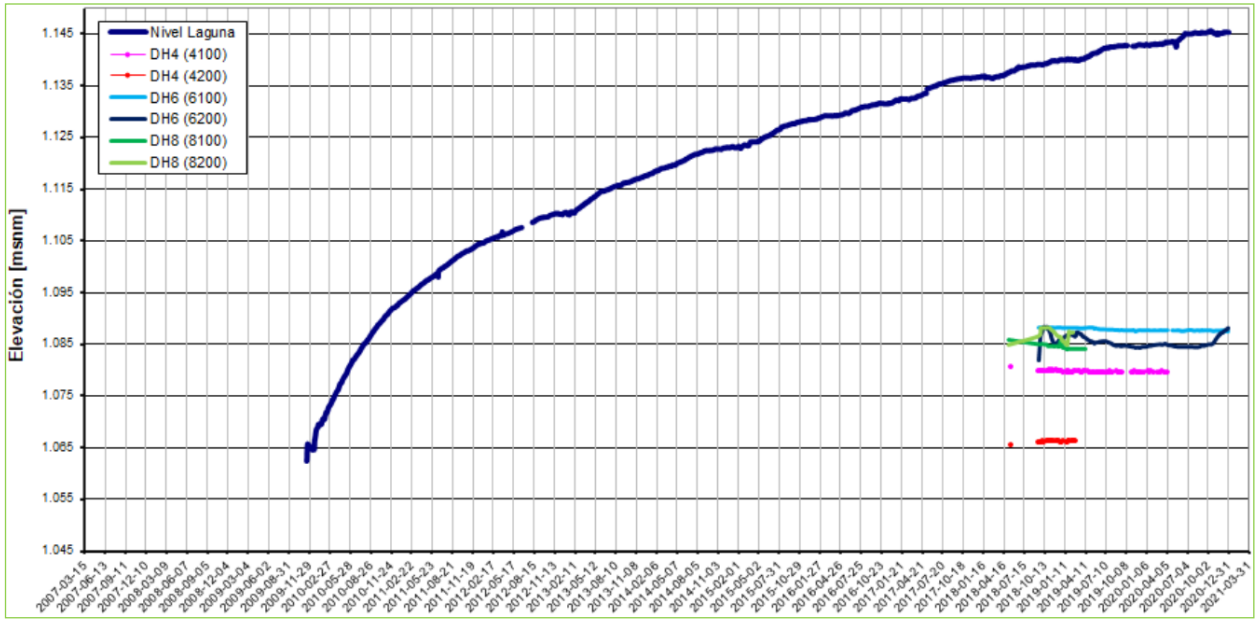


Figura 4-28: Grafico Piezométrico instrumentos de fibra óptica MNO / BS, sin laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

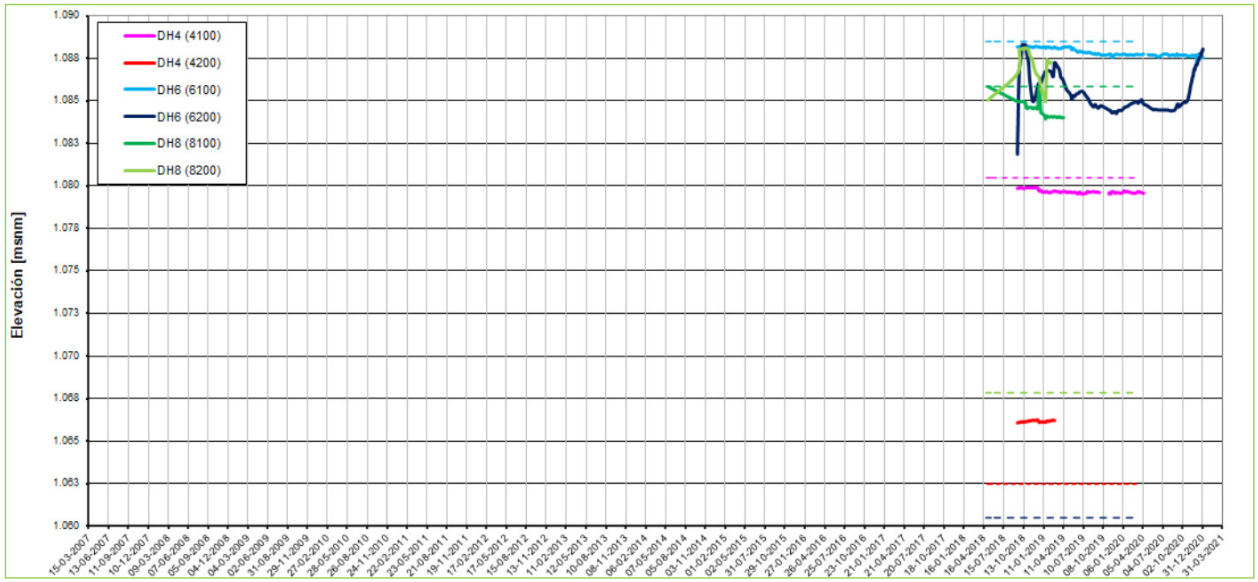


Figura 4-29: Grafico Piezométrico MNO, DH4 (4100) y DH4 (4200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

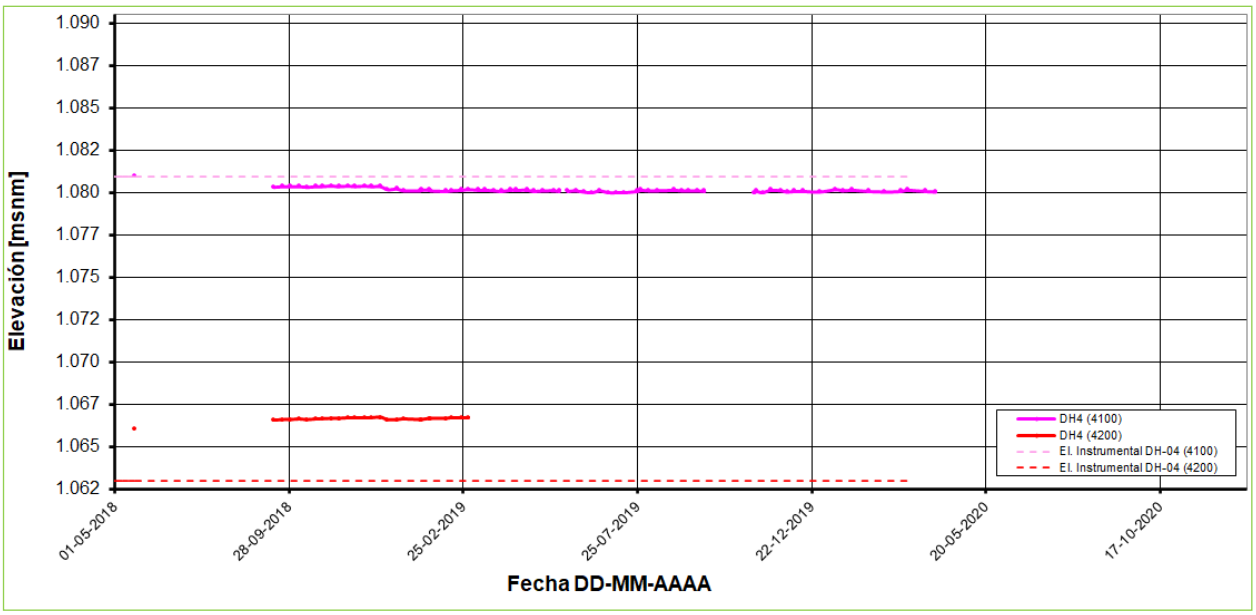


Figura 4-30: Grafico Piezométrico BS, DH6 (6100) y DH6 (6200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

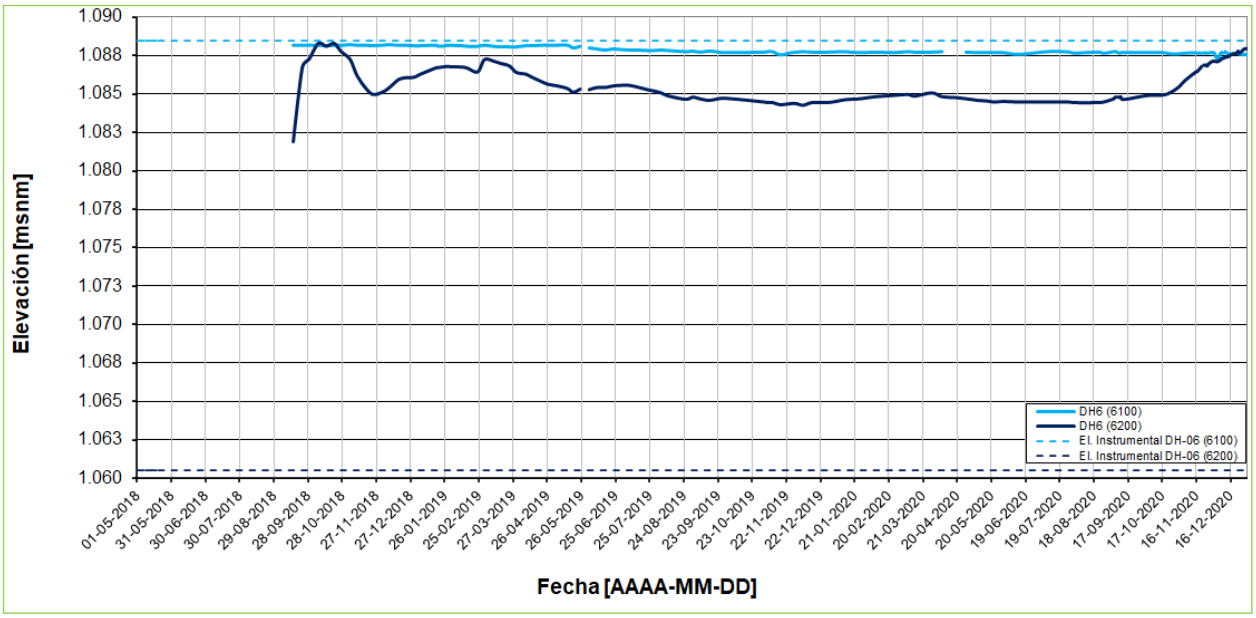
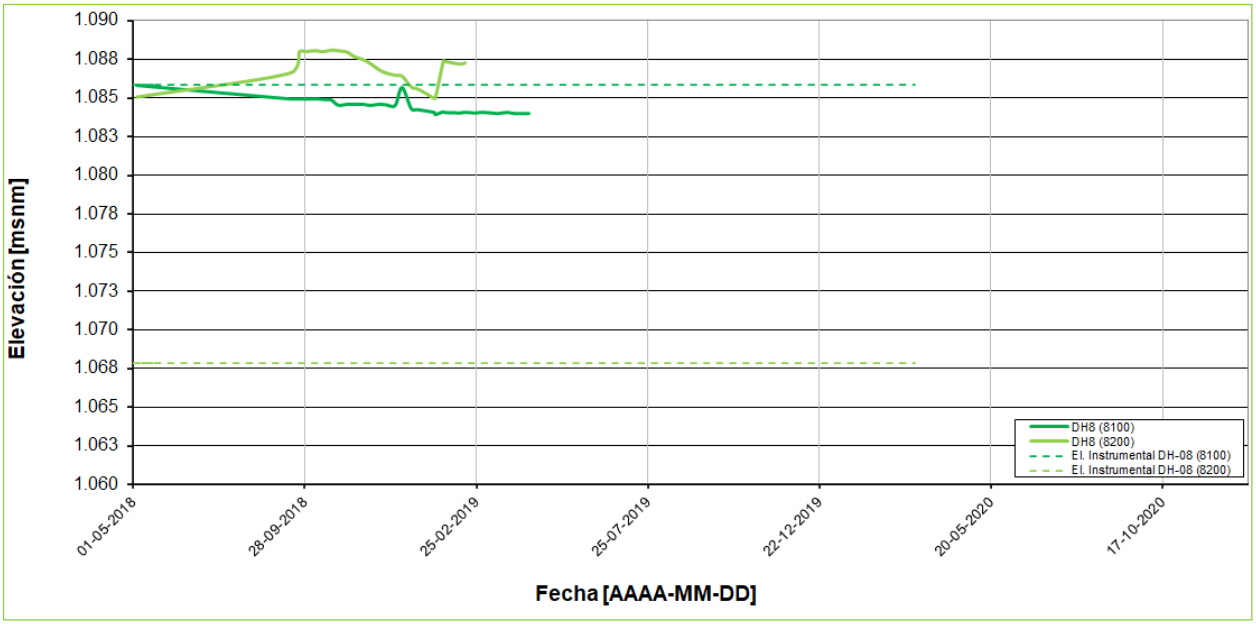


Figura 4-31: Grafico Piezométrico BS, DH8 (8100) y DH8 (8200) – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.3.4. Lecturas Piezómetros Casagrande

Respecto del piezómetro Casagrande habilitado en el pozo DH-03, presenta un comportamiento similar al descrito por los piezómetros de cuerda vibrante instalados en la fundación del MNO, detectando un nivel piezométrico al nivel de la fundación del muro, y con una tendencia moderada pero constante al aumento del nivel piezométrico, incrementándose el nivel de agua levemente en el orden de + 0,1 cm/d (0,1 cm/d, para el año 2019), desde agosto 2019, con un nivel dinámico al final del periodo ubicado a 8,42 m de profundidad bajo la fundación del muro (terreno natural, El. 1.067,98 msnm).

Figura 4-32: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 MNO, al 04 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP).

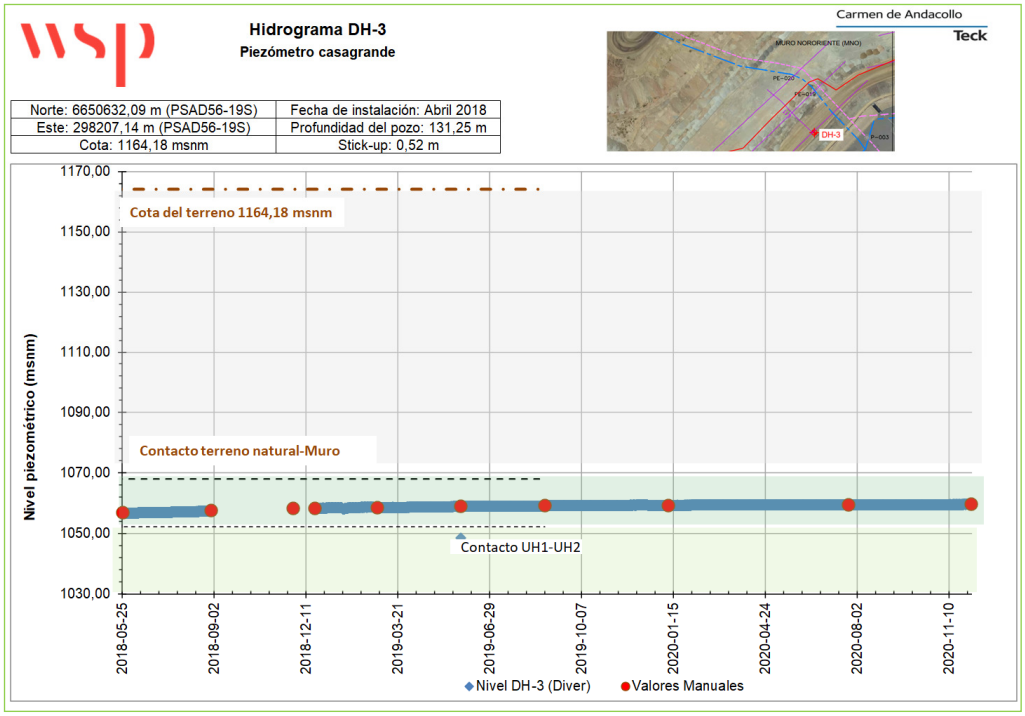
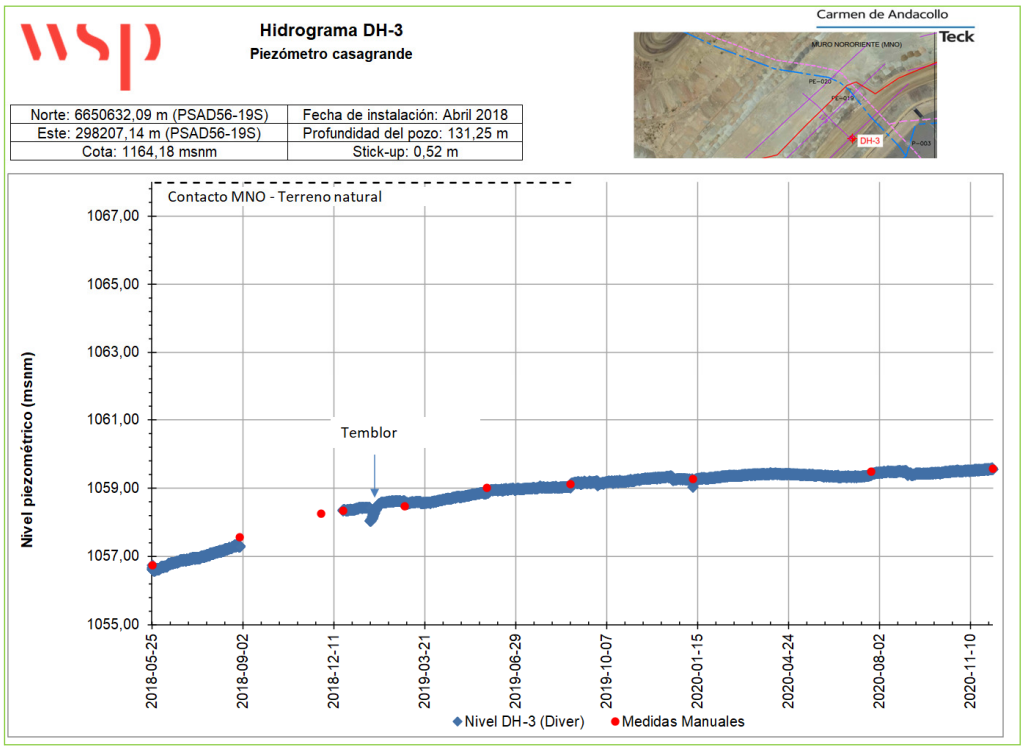


Figura 4-33: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-03 MNO (detalle), al 04 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP).



Respecto del piezómetro Casagrande habilitado en el pozo DH-07, presenta un comportamiento totalmente diferente al descrito por el piezómetro de Fibra óptica instalado en el BS, DH – 06 (6200), detectando presión de agua un par de metros sobre el nivel de fundación del BS, ver ítem 4.3.3. El nivel del DH-7 ha ido lentamente bajando el orden de – 0,06 cm/d en promedio desde agosto 2019.

Entre el 20 de enero y fines de noviembre de 2020, existe un vacío de información debido al retiro del diver, para permitir la extensión del pozo de acuerdo al crecimiento de la Etapa 4 del estribo norte del MO, por lo que personal de Wood inició su monitoreo manual mediante pozómetro, desde el día 24 de noviembre de 2020, estos datos se incorporan a los gráficos de las figuras 4-34 y 4-35. Se deja establecido que el diver será instalado durante el Q1 del año 2021.

Figura 4-34: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 BS, al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2020 (ref. Monitoreo manual, Wood).

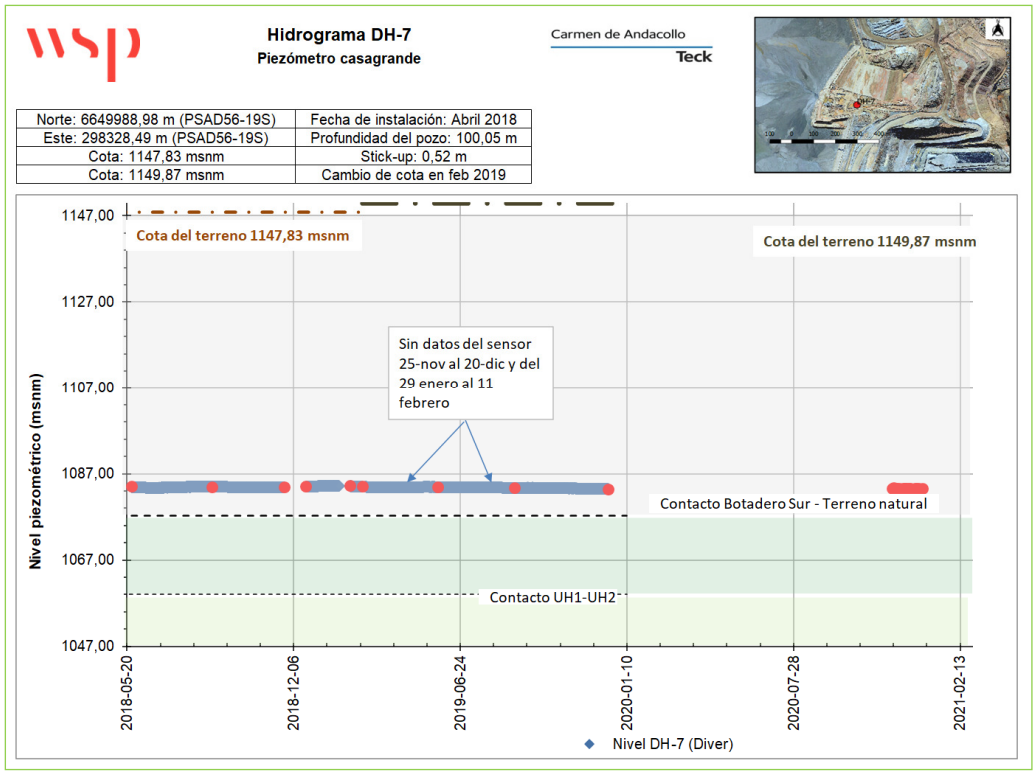
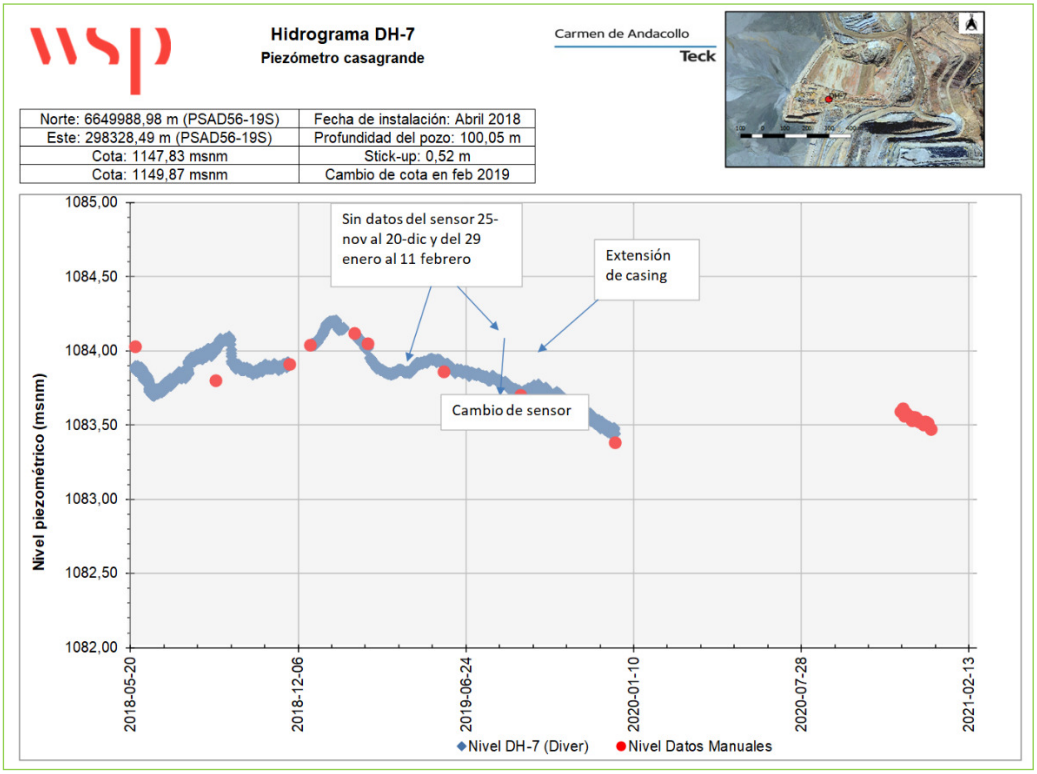


Figura 4-35: Hidrograma Piezómetro Casagrande DH-07 BS (detalle), al 06 de enero de 2020 (ref. Control y Monitoreo permanente, WSP) y al 31 de diciembre de 2020 (ref. Monitoreo manual, Wood).



4.3.5. Lecturas Piezómetros MO

Hasta mayo de 2018, el piezómetro PE-009A presentó un comportamiento estable con aumento sostenido del nivel piezométrico, hoy el instrumento no presenta actividad. Respecto de los dos (2) piezómetros restantes no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF. Para la ubicación del PE-009A, ver Figuras 4-6 y 4-7. Al momento de la visita, la cañería de descarga del sistema de drenaje al cajón aforador presentaba un pequeño flujo, imposible de aforar (tal y como se ha reportado con anterioridad). Estos flujos se continúan analizando desde el punto de vista de la calidad del agua de manera de identificar el origen, ante la posibilidad que sean producto de la operación de las pilas ROM, que se ubican aguas abajo del MO.

Figura 4-36: Grafico Piezométrico MO – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

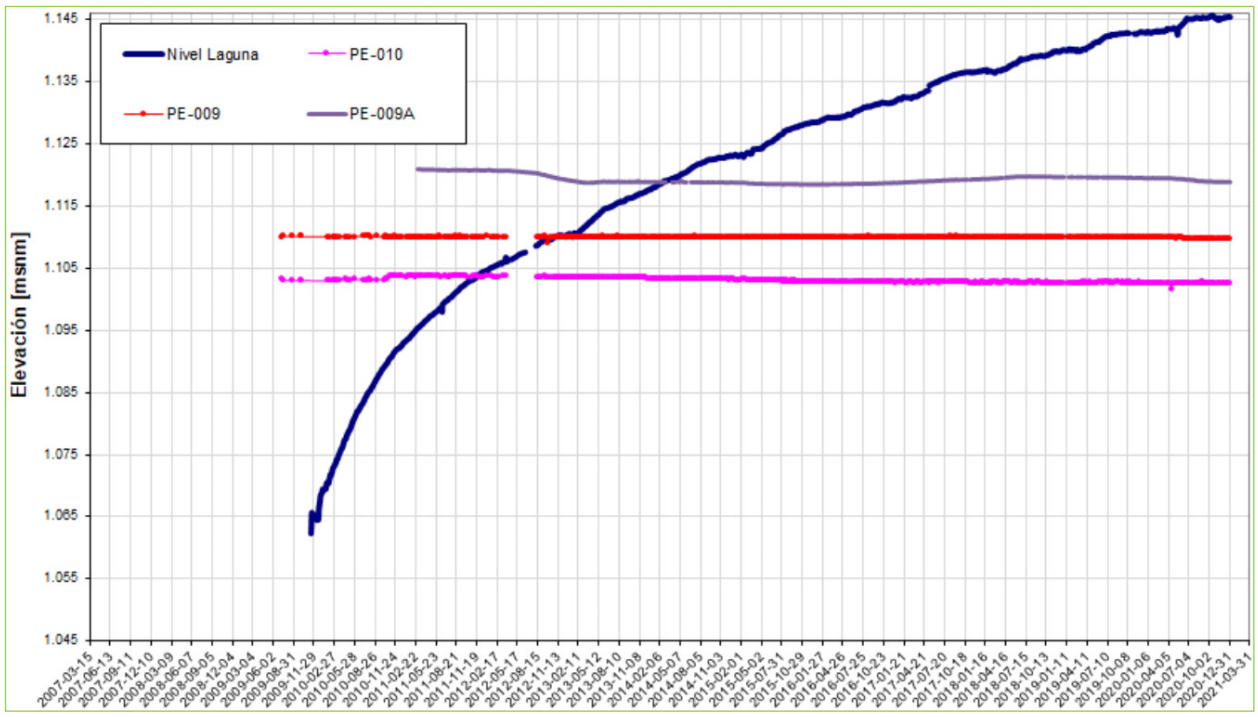


Figura 4-37: Gráfico Piezométrico MO, sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)

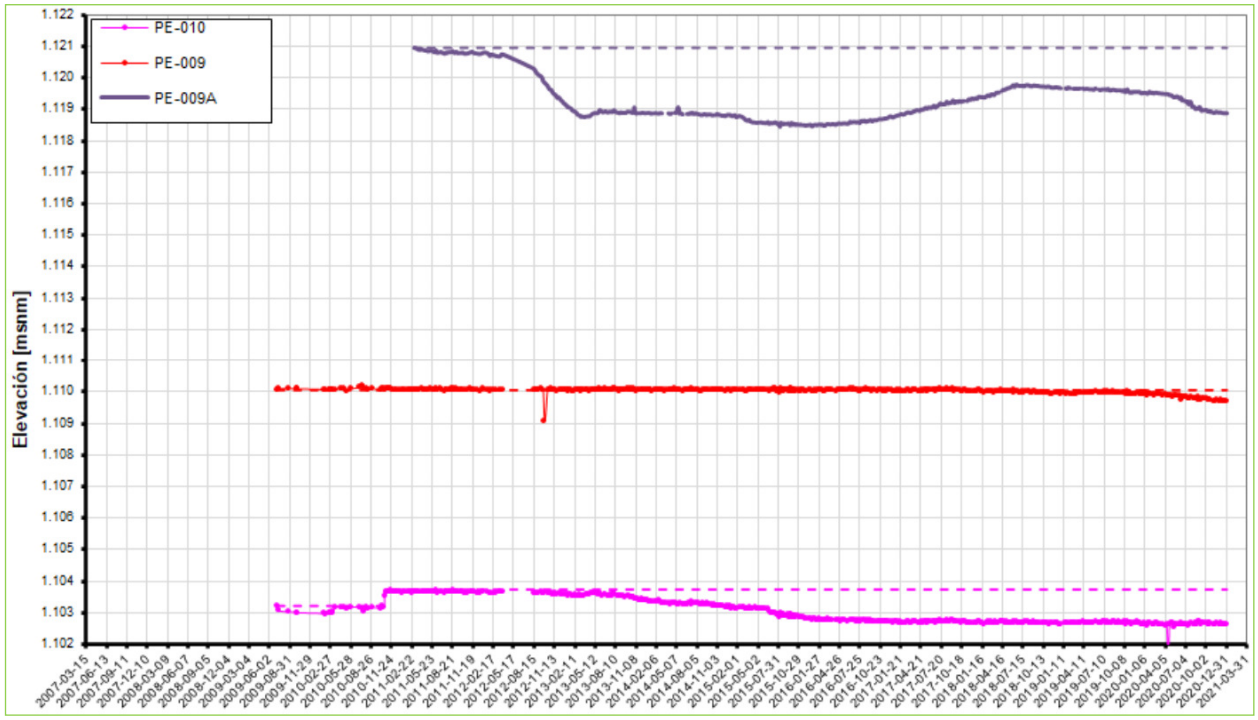


Figura 4-38: Grafico Piezométrico MO, PE - 009 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

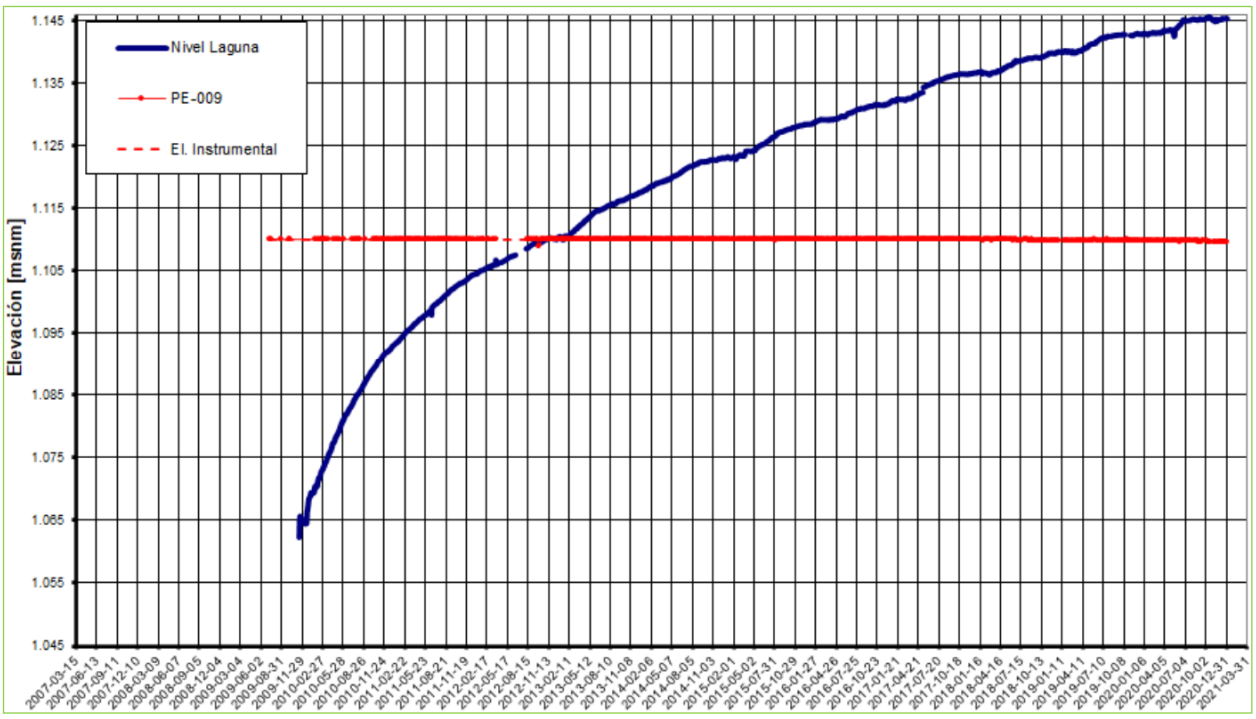


Figura 4-39: Grafico Piezométrico MO, PE – 009A – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

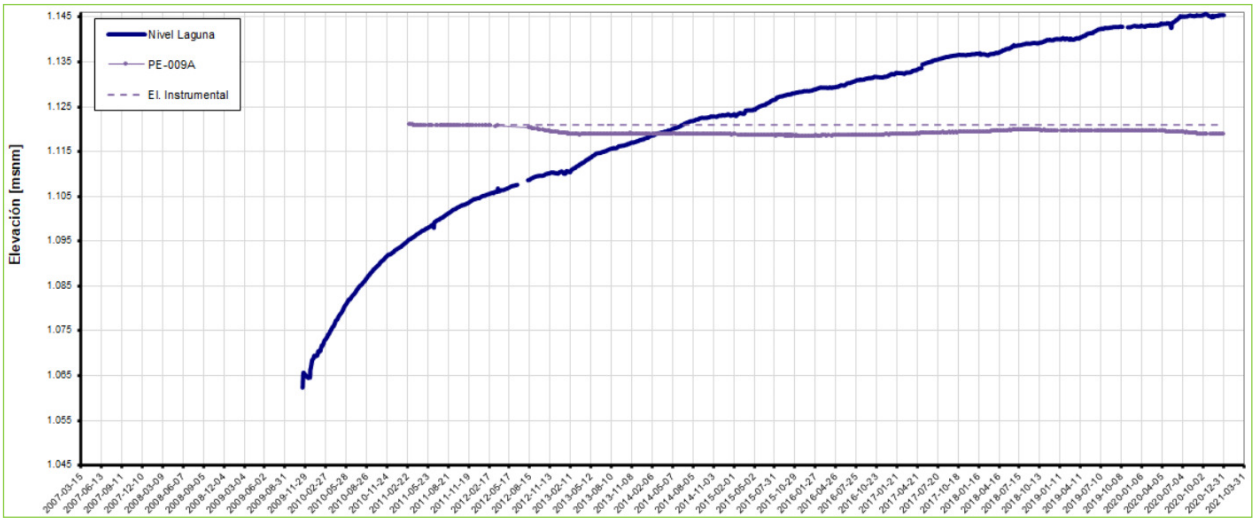
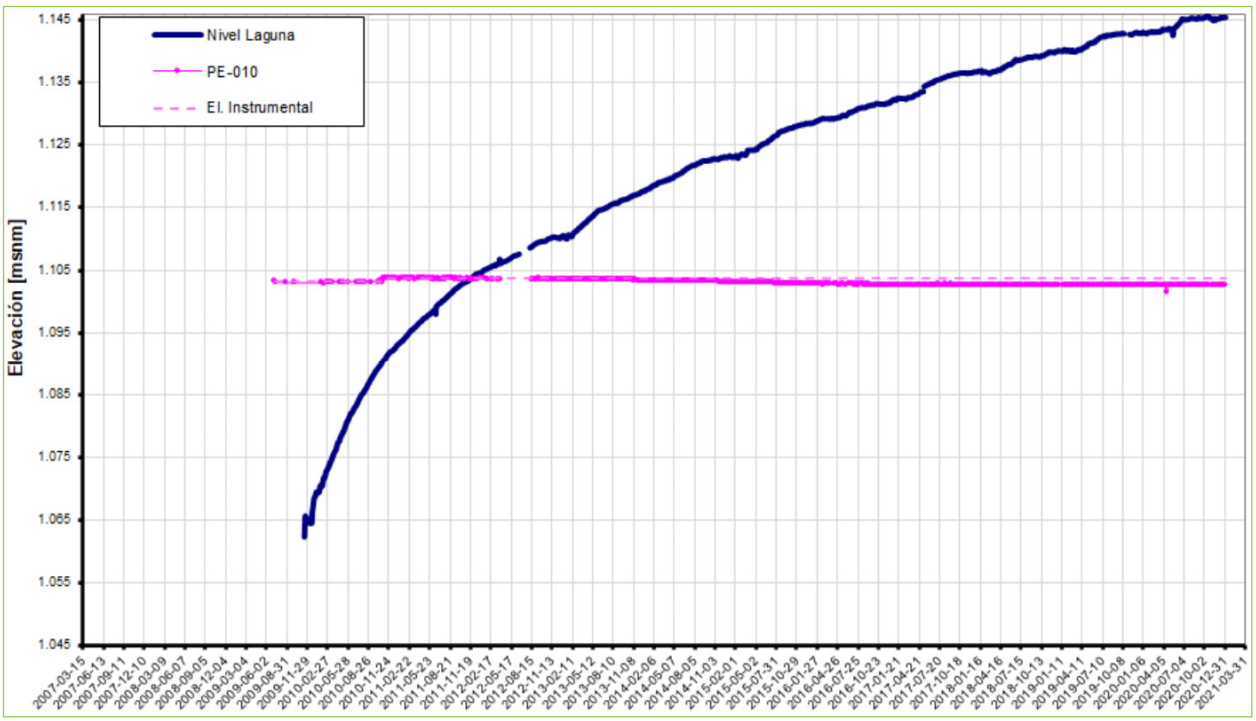


Figura 4-40: Grafico Piezométrico MO, PE – 010 – histórico, 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



4.3.6. Lecturas Piezómetros MO(S)

Al momento de escribir el presente informe, los piezómetros PE-013 y PE-014, se encuentran instalados a una cota similar a la de la El. de la playa de relaves en contacto con el muro impermeabilizado, El piezómetro PE-013 presenta u incremento de 0,02 cm/d desde fines de junio de año 2018, en tanto el instrumento PE-014 no presentan actividad que se pueda relacionar con la operación de la TMF.

Hasta el periodo pasado, las lecturas históricas de los piezómetros del MO(S) presentaban un salto (hacia arriba) de 2,5 m aproximadamente respecto de la lectura cero (L0, en adelante), durante el periodo, el proveedor de la instrumentación geotécnica (GeoMediciones) revisa esta condición y detecta que la conversión de unidades brutas, se estaba haciendo sobre la base de las fórmulas de cálculo para la consola con la cual el proveedor determinó las L0 al momento de instalar los instrumentos en el año 2016 (modelo MB3T, marca Roctest) y no aquellas para la consola que se utiliza en el monitoreo de la TMF Teck CdA (modelo VW2106, marca RST). A continuación se presentan los gráficos corregidos.

Figura 4-41: Grafico Piezométrico MO(S) – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).

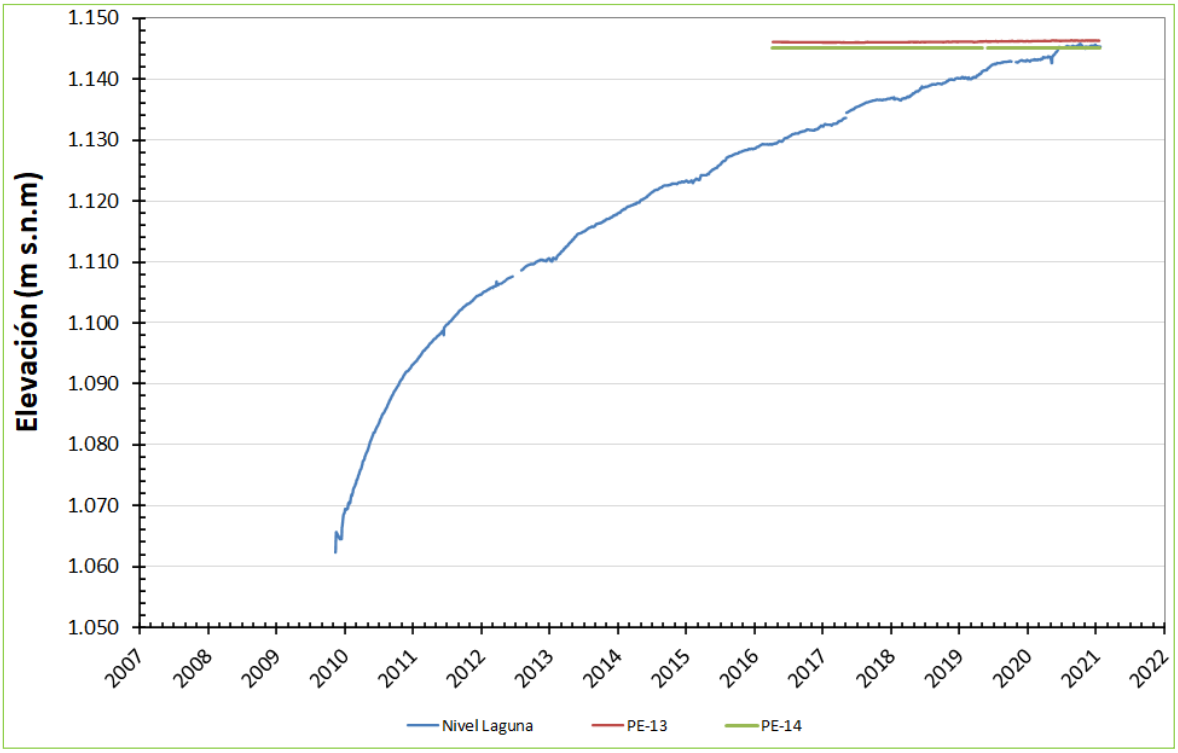
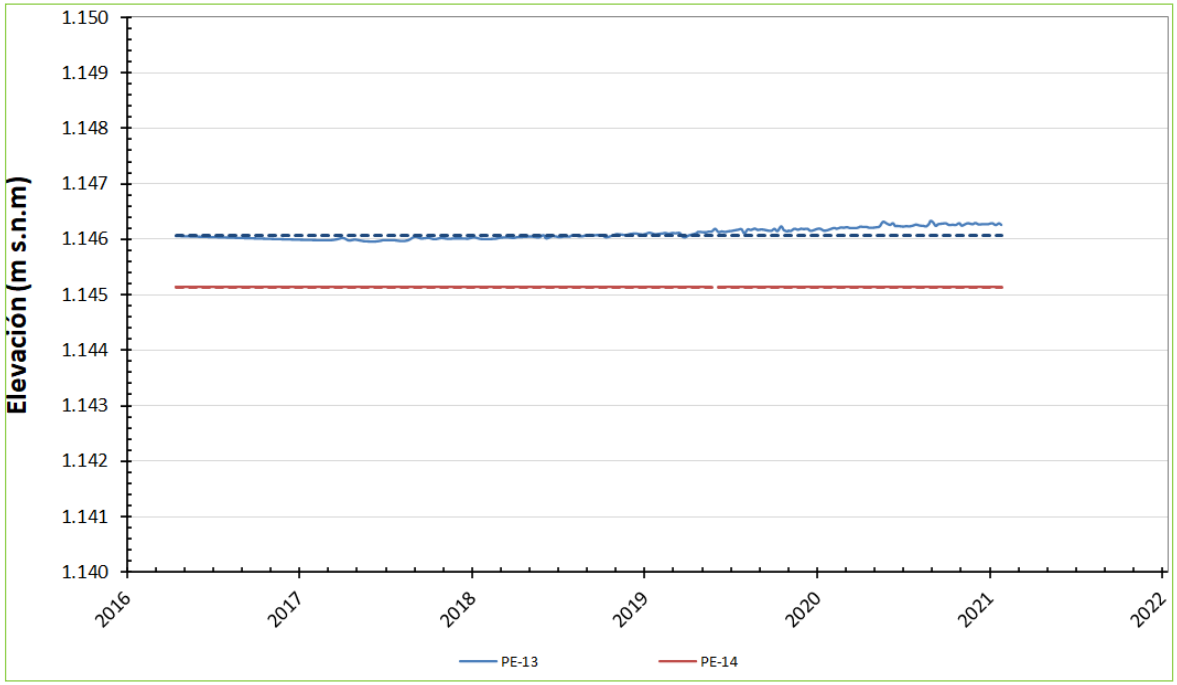


Figura 4-42: Grafico Piezométrico MO(S), sin El. Laguna – histórico, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)



4.3.7. Conclusión Piezometría

En general, salvo para los eventos puntuales de los terremotos 16S.2015 y 19E.2019 que fueron notados solo por los piezómetros del MNO, los instrumentos presentan lecturas estables en todos los casos, lo que indica que el nivel freático en el interior de los muros está controlado por el sistema de drenaje, con una tendencia ligeramente creciente en el tiempo, en el caso particular de los piezómetro PE-03, PE-04 y PE-19. Los piezómetros de cuerda vibrante del MNO, presentan niveles concordantes con los medidos en el piezómetro DH-03 (Casagrande).

Uno de los aspectos que ha llamado la atención es que el piezómetro DH-6 (6100) no ha mostrado variación, siendo que el DH-6 (6200) registra un nivel prácticamente igual al nivel de instalación del DH-6 (6100). En caso de que los piezómetros instalados en el sondaje DH-6 (6100 y 6200) estén funcionando correctamente, se debería esperar que, si el nivel del piezómetro DH-6 (6200) sigue subiendo, en corto plazo el nivel del piezómetro DH-6 (6100) debería comenzar a variar, sin embargo esto no se observó anteriormente, cuando el DH-6 (6200) detectó un nivel similar al actual (durante el Q4 del año 2018). El piezómetro DH-7 (Casagrande) tampoco ha mostrado un incremento de niveles, hasta el momento de escribir el presente informe, lo que podría explicarse por su mayor distancia a la playa de relaves, hacia aguas abajo de los piezómetros habilitados en el sondaje DH-6.

Es esperable que el DH6 (6200) suba gradualmente de acuerdo con la operación de la del rebose y el incremento del nivel de relaves sobre la plataforma del BS, a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido. Se debe continuar con el monitoreo diario del nivel piezométrico leído por estos piezómetros, tal y como se ha venido haciendo en el sitio desde mediados del Q4 del año 2020, monitoreando con la misma rigurosidad el comportamiento del piezómetro DH-6 (6100) ante cualquier cambio en su tendencia, la que hasta el momento ha sido estable.

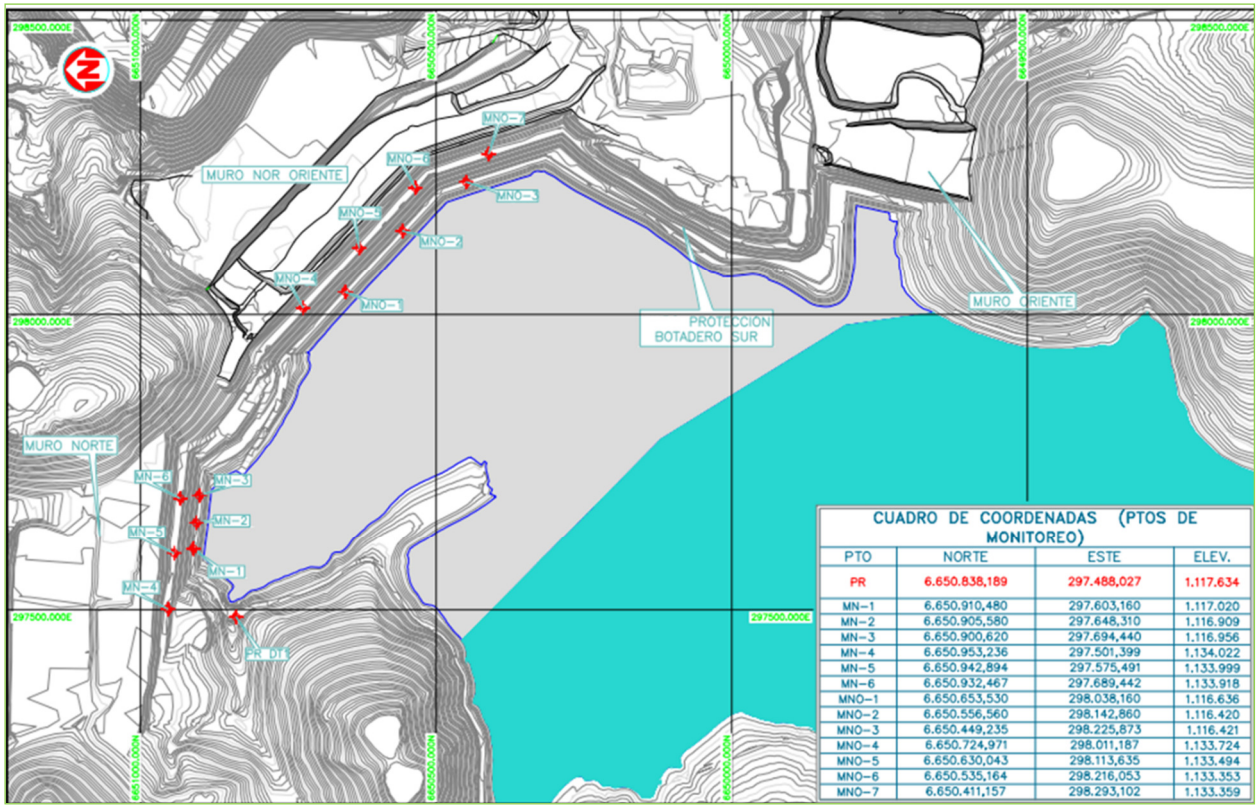
4.4. Deformaciones

Se realizan nivelaciones cerradas trimestrales de acuerdo con la recomendación del manual OMS. Sin embargo, existen periodos en los cuales por interferencias constructivas resulta imposible ejecutar los controles programados, los que se retoman una vez se liberan los frentes de trabajo.

4.4.1. Monolitos para control de Asentamientos, Etapas 1 y 2.

La Figura 4-43 indica la ubicación de las Placas de Nivelación instaladas durante las Etapas 1 y 2. Para la Etapa 1 se instalaron 3 placas en el MN y 3 placas en el MNO. Para la Etapa 2 se dispusieron 3 Placas en el MN y 4 en el MNO.

Figura 4-43: Monolitos para control de Asentamientos – Etapas 1 y 2 (ref. Wood)



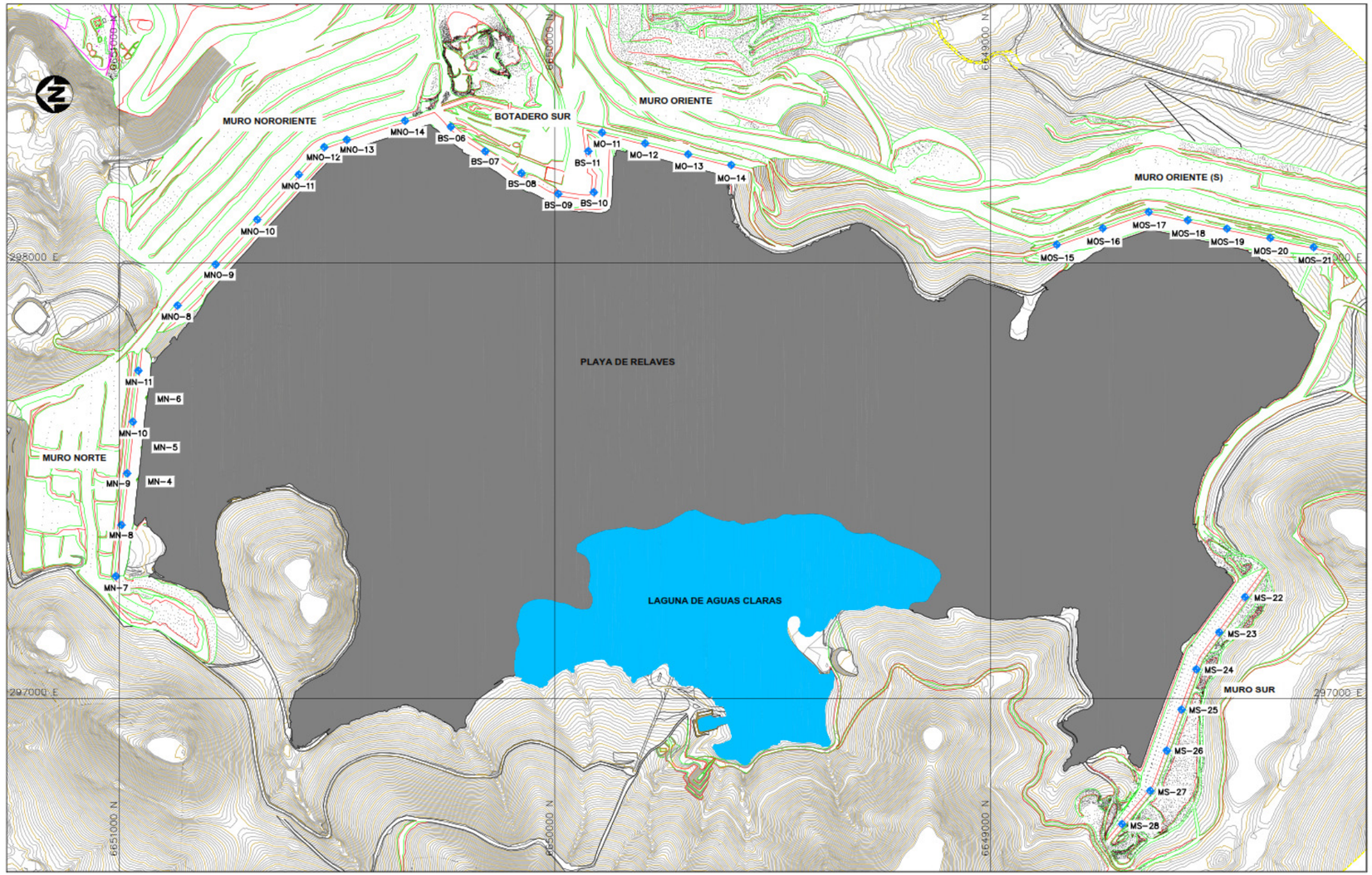
CUADRO DE COORDENADAS (PTOS DE MONITOREO)

PTO	NORTE	ESTE	ELEV.
PR	6.650.838,189	297.488,027	1.117,634
MN-1	6.650.910,480	297.603,160	1.117.020
MN-2	6.650.905,580	297.648,310	1.116.909
MN-3	6.650.900,620	297.694,440	1.116.956
MN-4	6.650.953,236	297.501,399	1.134.022
MN-5	6.650.942,894	297.575,491	1.133.999
MN-6	6.650.932,467	297.689,442	1.133.918
MNO-1	6.650.653,530	298.038,160	1.116.636
MNO-2	6.650.556,560	298.142,860	1.116.420
MNO-3	6.650.449,235	298.225,873	1.116.421
MNO-4	6.650.724,971	298.011,187	1.133.724
MNO-5	6.650.630,043	298.113,635	1.133.494
MNO-6	6.650.535,164	298.216,053	1.133.353
MNO-7	6.650.411,157	298.293,102	1.133.359

4.4.2. Monolitos para control de Asentamientos, Etapa 3.

En la Figura 4-44, se presenta la distribución de los monolitos para la E3. Al momento de la visita al sitio, dicha Etapa se encuentra cubierta por relaves o próxima a quedar cubierta por la playa de relaves, por lo tanto en las Figuras 4-45 a 4-47 se presentan los asentamientos acumulados relativos a la E3, monitoreados en la plataforma operacional El. 1.149,5 msnm a través de las nivelaciones cerradas trimestrales de los monolitos, para los distintos muros. En todos los casos, la escala vertical de la sección está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda, y en el eje de la derecha, se muestra la escala del asentamiento registrado. Para todas las figuras, la línea azul presenta la El. teórica de la plataforma operacional a la El. de coronamiento de la Etapa 3, es decir El.= 1.149,5 msnm, y la línea roja corresponde a la superficie asentada (asentamiento acumulado), en el caso de aquellos monolitos que se encontraban operativos al momento del terremoto del día 19E, 2019, la última elevación del monolito, medida y graficada corresponde al control post terremoto.

Figura 4-44: Monolitos para control de Asentamientos – Etapa 3 plano AS Built al 31 de diciembre de 2016 (ref. Wood)



MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-7	6.651.007,37	297.281,62	1.149,50	
MN-8	6.650.994,46	297.398,96	1.149,50	
MN-9	6.650.981,44	297.517,24	1.149,50	
MN-10	6.650.968,43	297.635,51	1.149,50	
MN-11	6.650.955,59	297.752,19	1.149,50	
MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-8	6.650.865,69	297.902,84	1.149,50	
MNO-11	6.650.587,49	298.202,70	1.149,50	
MURO ORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MO-11	6.649.891,74	298.299,04	1.149,50	
MO-12	6.649.792,93	298.274,20	1.149,50	
MO-13	6.649.694,13	298.249,34	1.149,50	
MO-14	6.649.595,40	298.224,55	1.149,50	
BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-10	6.649.910,56	298.162,39	1.149,50	
BS-11	6.649.923,27	298.256,41	1.149,50	
MURO ORIENTE (S)				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MOS-15	6.648.848,29	298.042,31	1.149,50	
MOS-16	6.648.742,83	298.079,72	1.149,50	
MOS-17	6.648.637,36	298.117,13	1.149,50	
MOS-18	6.648.547,67	298.098,02	1.149,50	
MOS-19	6.648.457,98	298.078,91	1.149,50	
MOS-20	6.648.358,42	298.057,70	1.149,50	
MOS-21	6.648.258,85	298.036,49	1.149,50	
MURO NORTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MN-4	6.650.953,236	297.501,399	1.134	
MN-5	6.650.942,894	297.575,491	1.134	
MN-6	6.650.932,467	297.689,442	1.134	
MURO NORORIENTE				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MNO-9	6.650.778,348	297.996,98	1.149,5	
MNO-10	6.650.682,917	298.099,842	1.149,5	
MNO-12	6.650.529,089	298.265,648	1.149,5	
MNO-13	6.650.477,322	298.282,554	1.149,5	
MNO-14	6.650.343,947	298.326,108	1.149,5	
BOTADERO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
BS-06	6.650.238,576	298.312,097	1.149,5	
BS-07	6.650.159,69	298.255,989	1.149,5	
BS-09	6.649.992,005	298.158,28	1.149,5	
BS-08	6.650.076,396	298.206,21	1.149,5	
MURO SUR				
PLACA	COORDENADAS			OBSERVACIONES
	NORTE	ESTE	ELEVACION	
MS-22	6.648.416,18	297.233,79	1.149,5	
MS-23	6.648.475,35	297.153,18	1.149,5	
MS-24	6.648.527,77	297.068,71	1.149,5	
MS-25	6.648.561,93	296.974,72	1.149,5	
MS-26	6.648.595,88	296.880,67	1.149,5	
MS-27	6.648.633,91	296.788,56	1.149,5	
MS-28	6.648.698,44	296.712,22	1.149,5	

PLANTA GENERAL
Esc. 1/10000

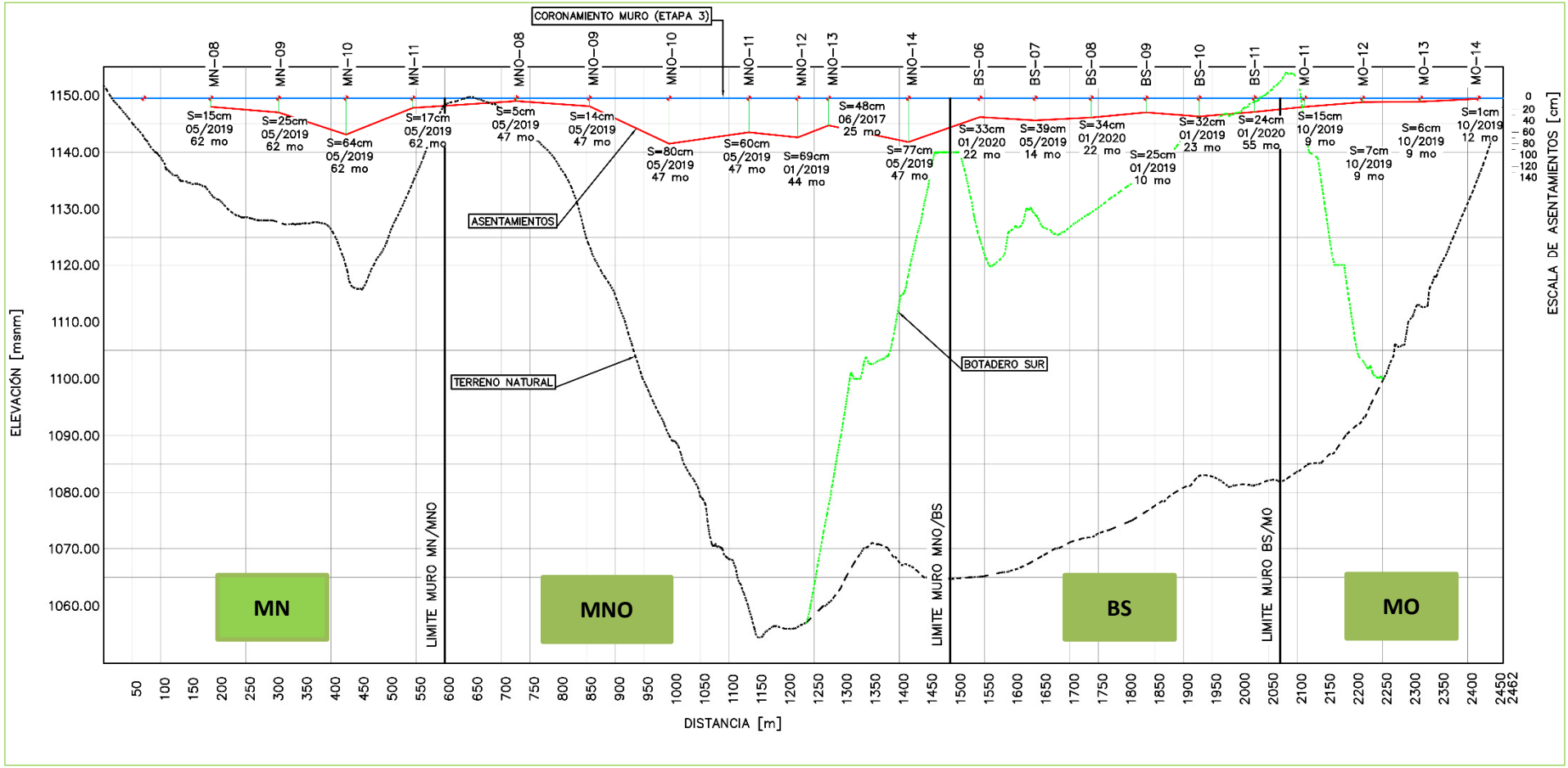
LEYENDA

MONOLITOS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS

NOTAS

1.- LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO BASE ACTUALIZADO AL 2016.12.31.COORDENADAS UTM Y REFERIDAS A DATUM PSAD 56.
2.- DIMENSIONES Y ELEVACIONES EN [m].

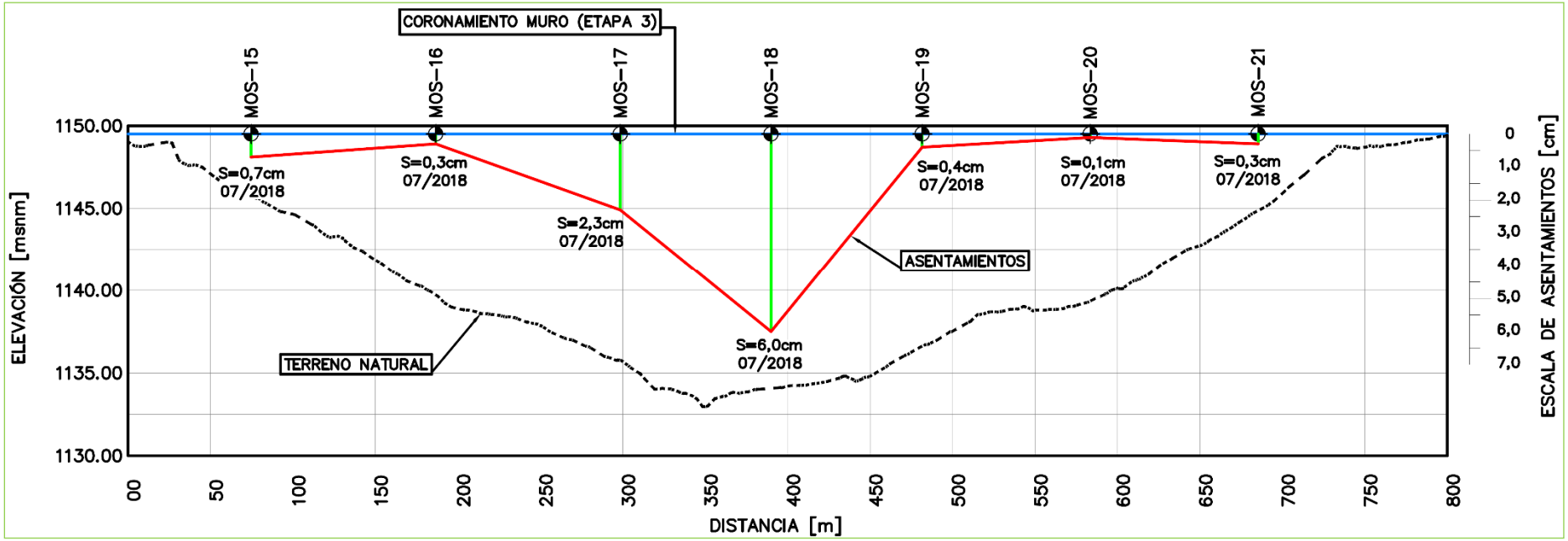
Figura 4-45: Perfil MN; MNO; BS; MO (ref. Wood).



Nota: La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de diseño de la E3 (1.149,5 msnm); La línea roja representa la El. real de la plataforma (in situ), es decir, el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

La escala vertical está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda, el eje de la derecha, se muestra la escala del asentamiento registrado.

Figura 4-46: Perfil MO(S) (15 mo) (ref. Wood).



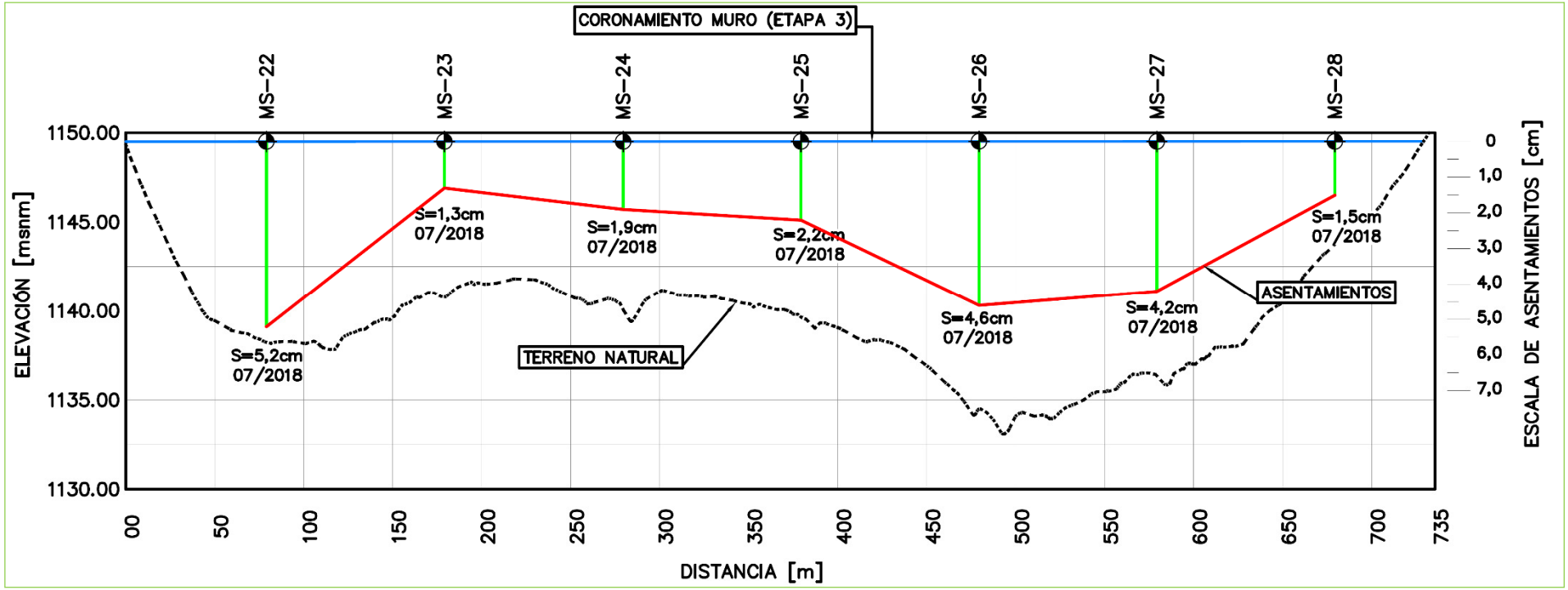
Nota: La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de diseño de la E3 (El.= 1.149,5 msnm);

La línea roja representa la El. real de la plataforma (in situ), el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

La escala vertical de la sección está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda; y

En el eje de la derecha, se muestra la escala del asentamiento registrado.

Figura 4-47: Perfil MS (15 mo) (ref. Wood).



Nota: La línea azul, representa la superficie de coronamiento de la plataforma operacional a la El. de la E3 (El.= 1.149,5 msnm);

La línea roja representa la El. real de la plataforma, el asentamiento acumulado hasta la última nivelación de control;

La escala vertical de la sección está aumentada 10 veces en el eje de la izquierda; y

En el eje de la derecha, se muestra la escala del asentamiento registrado.

4.4.3. Comparación de Asentamientos Totales

Durante el periodo se actualiza el estudio de asentamientos, de acuerdo con lo indicado en el documento # E40221-3000-DT00-RPT-0001: “Análisis de Asentamientos Muros Depósito de Relaves”, Wood. De manera general, cuando en el presente capítulo se hable de la Etapa actual, está se refiere a la Etapa 3 de crecimiento diferido.

Con el fin de comparar los asentamientos registrados en los Muros del Depósito de Relaves Teck Carmen de Andacollo, y los reportados por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales), es necesario separar el asentamiento total registrado en los asentamientos estáticos indicados a continuación:

- Asentamiento post construcción etapas previas (S_{t1}). Corresponde al asentamiento experimentado por la sección de muro asociada a la etapa previa a donde se ubica el monolito.

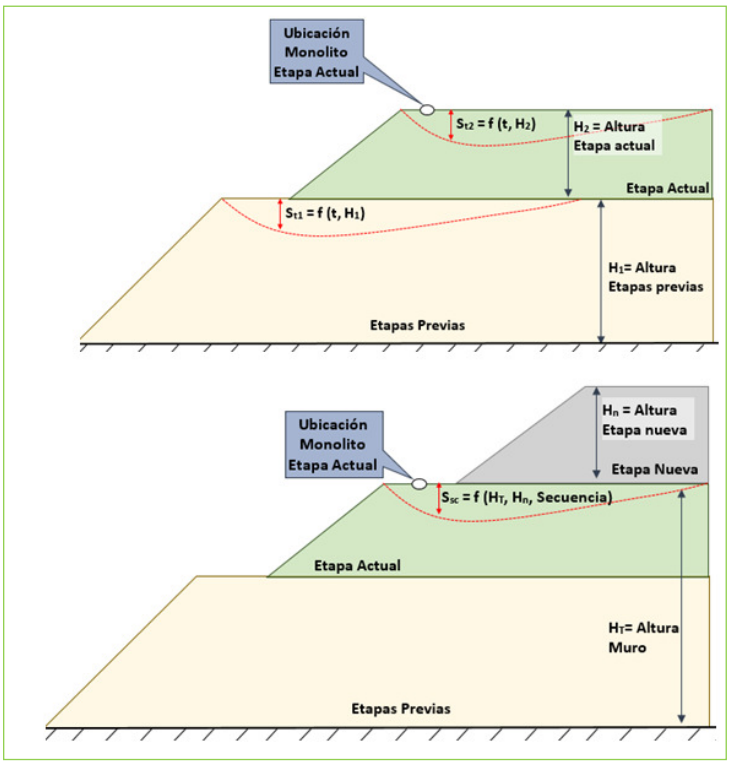
- Asentamientos post construcción de etapa actual (S_{t2}). Corresponde al asentamiento por peso propio que experimenta la sección de muro en la cual está instalado el monolito.

- Asentamientos de etapas previas y actual por compresión debido a sobrecarga (S_{sc}). Corresponde al asentamiento que experimenta la sección del muro donde está el monolito producto de la sobre carga de la etapa que crece por sobre su elevación.

El asentamiento total que presentaría cada placa sería la suma de cada uno de los asentamientos.

La Figura 4-48 presenta un esquema ejemplificador de los tres tipos de asentamiento, los cuales dependen del tiempo (t), de la altura etapa actual (H_2), la altura de etapa previas (H_1), la altura total del Muro (H_T) y la altura de etapa nueva (H_n).

Figura 4-48: Esquemas de tipo de asentamientos estáticos).



El asentamiento total porcentual se define como el asentamiento total en función de la altura total del muro (H_T):

$$\%S_T = {S_T}/{H_T} = {(S_{t1} + S_{t2} + S_{sc})}/{H_T}$$

Este valor, S_T, corresponde al valor directamente tomado de las placas en cada uno de los muros.

Las Figuras 4-49 y 4-50 presentan los asentamientos totales de cada placa. Los tres mayores valores se presentan en placas centrales del MN, para las tres etapas de construcción. Las placas de los muros MO(S) y MS presentan asentamientos porcentuales menores al 0,6%. Las placas ubicadas en el centro de los muros presentan un mayor nivel de asentamientos.

Finalmente, las curvas de asentamiento para el MO(S) y el MS se evidencia un asentamiento alto los primeros tres (3) meses posteriores a la instalación de las placas.

Figura 4-49: Asentamientos totales (menores a 2,5%)

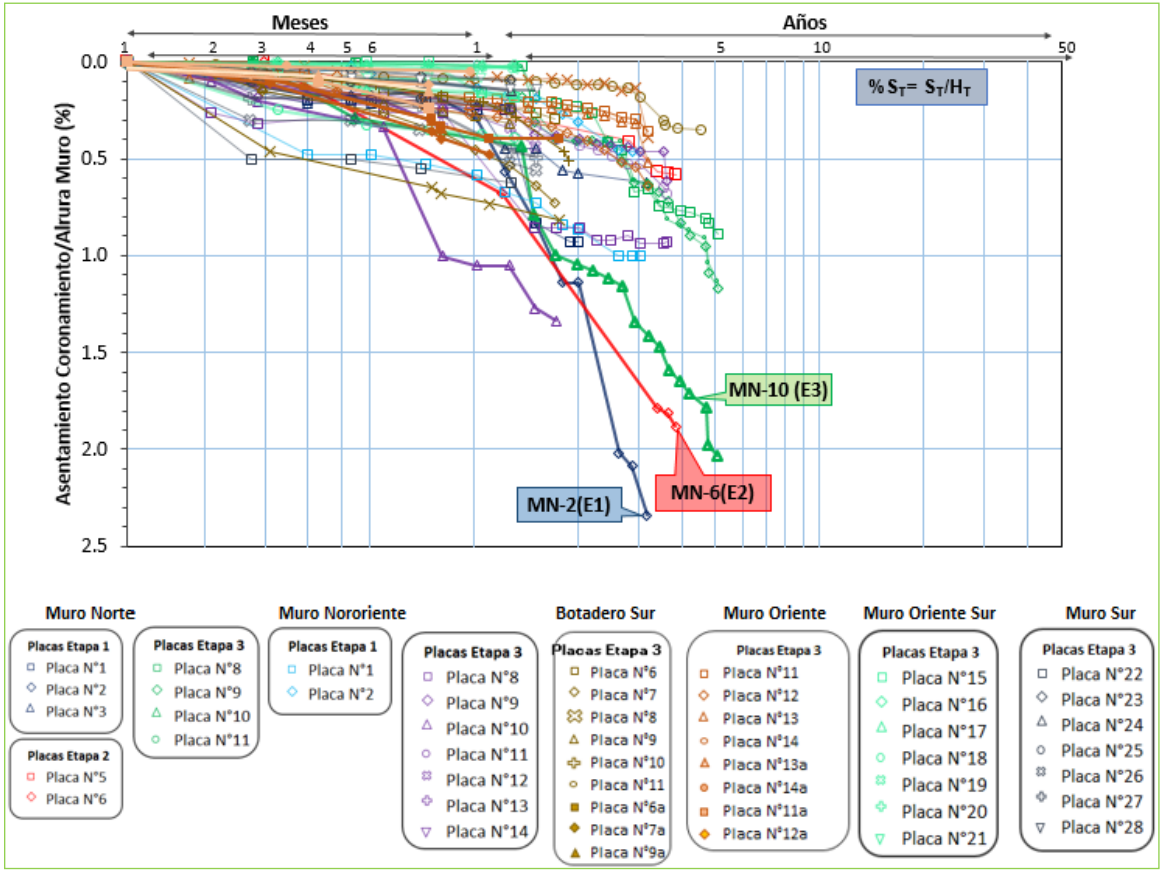
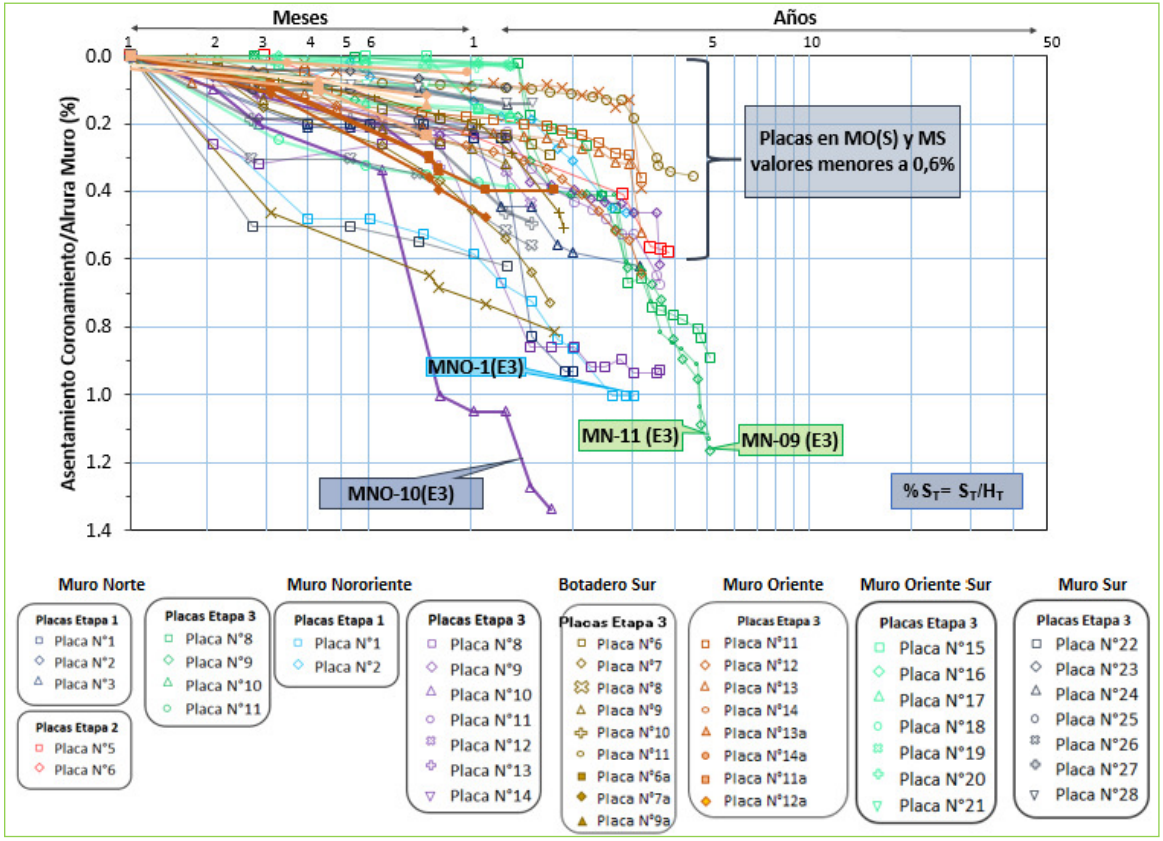


Figura 4-50: Asentamientos totales (filtrados con valores menores a 1,4%)



Con el fin de presentar un resumen de las figuras anteriores, la Tabla 4-3 muestra los asentamientos porcentuales registrados respecto a la altura del muro en la ubicación de la placa.

Tabla 4-3: Asentamiento total porcentual por etapa

Muro	Placa	Asentamiento /altura de muro en placa (%)					
		Etapa 1	Altura (m)	Etapa 2	Altura (m)	Etapa 3	Altura (m)
MN	Placa 1	0,93%	7,0				
	Placa 2	2,34%	15,0				
	Placa 3	0,62%	9,0				
	Placa 5			0,58%	11,7		
	Placa 6			1,88%	19,7		
	Placa 8			0,89%	16,6		
	Placa 9					1,17%	21,8
	Placa 10					2,04%	31,2
	Placa 11					1,13%	15,5
MNO	Placa 1	1,00%	38,4				
	Placa 2	0,46%	54,0				
	Placa 8					0,93%	5,0
	Placa 9					0,61%	26,3
	Placa 10					1,34%	59,6
	Placa 11					0,67%	89,9
	Placa 12					0,74%	93,2
	Placa 13					0,54%	88,9
	Placa 14					0,93%	82,5
BS	Placa 6					0,29%	84,1
	Placa 7					0,73%	81,5
	Placa 8					0,44%	77,7
	Placa 9					0,32%	72,2
	Placa 10					0,51%	63,2
	Placa 11					0,35%	68,0
	Placa 6a					0,40%	84,1
	Placa 7a					0,47%	81,5
	Placa 9a					0,34%	72,2
MO	Placa 11					0,36%	64,9
	Placa 12					0,64%	56,6
	Placa 13					0,52%	37,8
	Placa 14					0,39%	13,9

Muro	Placa	Asentamiento /altura de muro en placa (%)					
		Etapa 1	Altura (m)	Etapa 2	Altura (m)	Etapa 3	Altura (m)
	Placa 11a					0,24%	64,9
	Placa 12a					0,12%	56,6
	Placa 13a					0,15%	37,8
	Placa 14a					0,05%	13,9
MO(S)	Placa 15					0,18%	3,8
	Placa 16					0,03%	9,8
	Placa 17					0,17%	13,6
	Placa 18					0,39%	15,4
	Placa 19					0,03%	12,8
	Placa 20					0,02%	10,0
	Placa 21					0,02%	4,5
MS	Placa 22					0,62%	8,4
	Placa 23					0,10%	13,7
	Placa 24					0,15%	13,1
	Placa 25					0,24%	9,1
	Placa 26					0,57%	8,8
	Placa 27					0,49%	9,1
	Placa 28					0,14%	10,5

Finalmente, dado que los antecedentes reportados en literatura corresponden a presas de agua, las cuales son construidas en única etapa, es necesario realizar la comparación respecto a los asentamientos post construcción de la etapa actual (S_{t2}). Dicho asentamiento se define en función de la altura de cada etapa (H_2).

$$\%S_{t2} = {}^{S_{t2}}/_{H_2}$$

El cálculo del asentamiento post construcción de la etapa actual (S_{t2}) se determina con la diferencia del asentamiento total (S_T) respecto a la suma del asentamiento por etapas previas (S_{t1}). y por sobrecarga (S_{sc}). Estas últimas se calculan por medio de tasas de crecimiento para cada etapa en función del comportamiento de cada una de ellas en el tiempo:

- La tasa de asentamiento en etapas previas (S_{t1}). se determinó a partir de las placas instaladas en la Etapa 1, donde se logró aislar el comportamiento puro de asentamiento bajo peso propio, cuando aún no existía crecimiento.

- La tasa de sobrecarga (S_{sc}). se determinó identificando el incremento de asentamiento en aquellas placas donde el asentamiento por peso propio estaba estabilizado en el tiempo, y el incremento se debía principalmente a efectos de carga.

La Figura 4-51 presenta las curvas de asentamiento para cada muro en sus distintas etapas (S_{t2}), comparadas con los rangos de asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales) para presas de enrocado en función del tipo de construcción y la resistencia del material de enrocado.

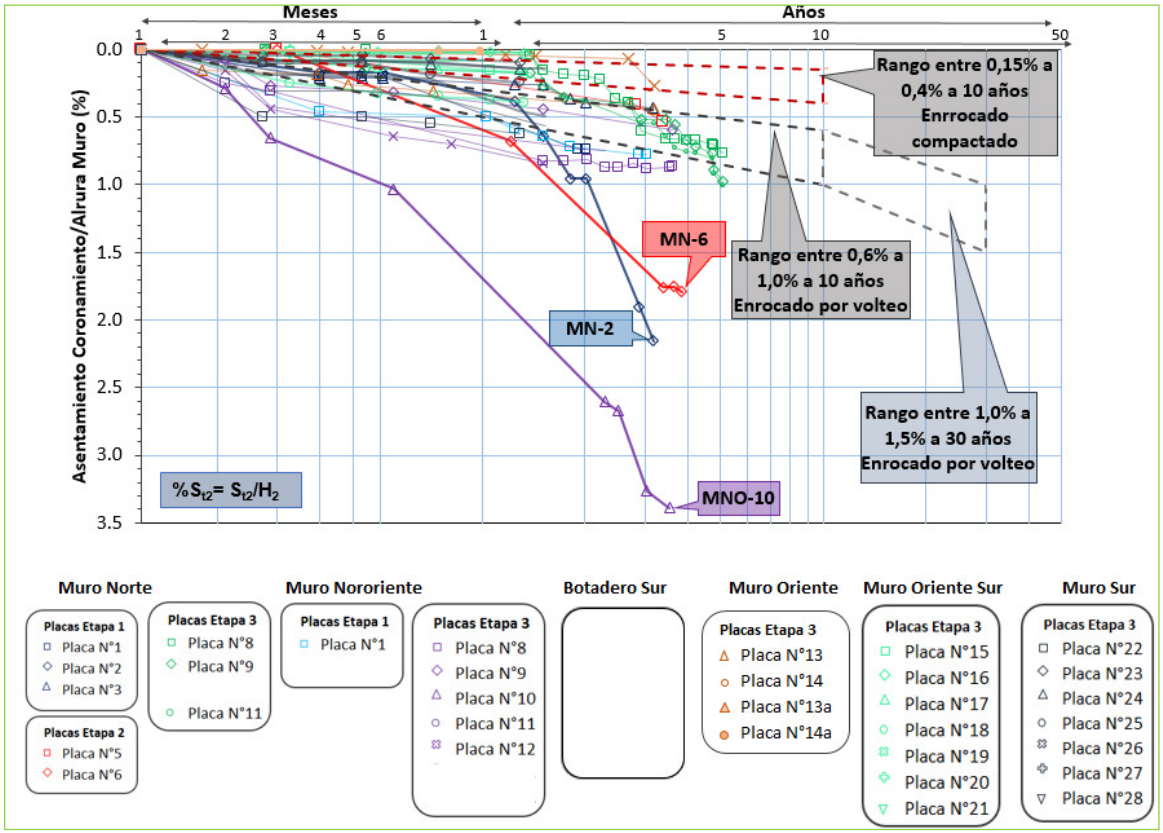
En general los asentamientos registrados son menores a 1,5% y en los muros del depósito presentan una trayectoria intermedia entre los enrocados colocados por volteo y aquellos compactados, lo cual resulta consistente con el método constructivo empleado. Los valores que se alejan en mayor medida de los asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales) son las placas MNO-10, MN-2 y MN-6.

Para el MN se aprecia que las placas ubicadas hacia los estribos presentan asentamientos similares a enrocados compactados de mediana resistencia. Las Placas ubicadas en el centro del muro presentan asentamientos mayores, lo que pudiera estar asociado a la forma del valle, y a una mayor altura compresible en el centro del muro.

Las curvas de asentamiento para el MNO para las placas de la Etapa 1 siguen la tendencia de los enrocados colocados por volteo, mientras que para la Etapa 3, los asentamientos se reducen, y presentan un comportamiento intermedio entre enrocados colocados por volteo y compactados. La excepción la presentan en la placa MNO-10, donde se tiene un asentamiento de 52 cm para una altura total de 15,5 m en la etapa 3.

Respecto al MO, las placas ubicadas en sector del muro fundado en cerro Tapadera presentan asentamientos similares a enrocados compactados de mediana resistencia, mientras que las placas ubicadas en el sector fundado en cercanías de Botadero Sur presentan asentamientos mayores, similares a enrocados colocados por volteo.

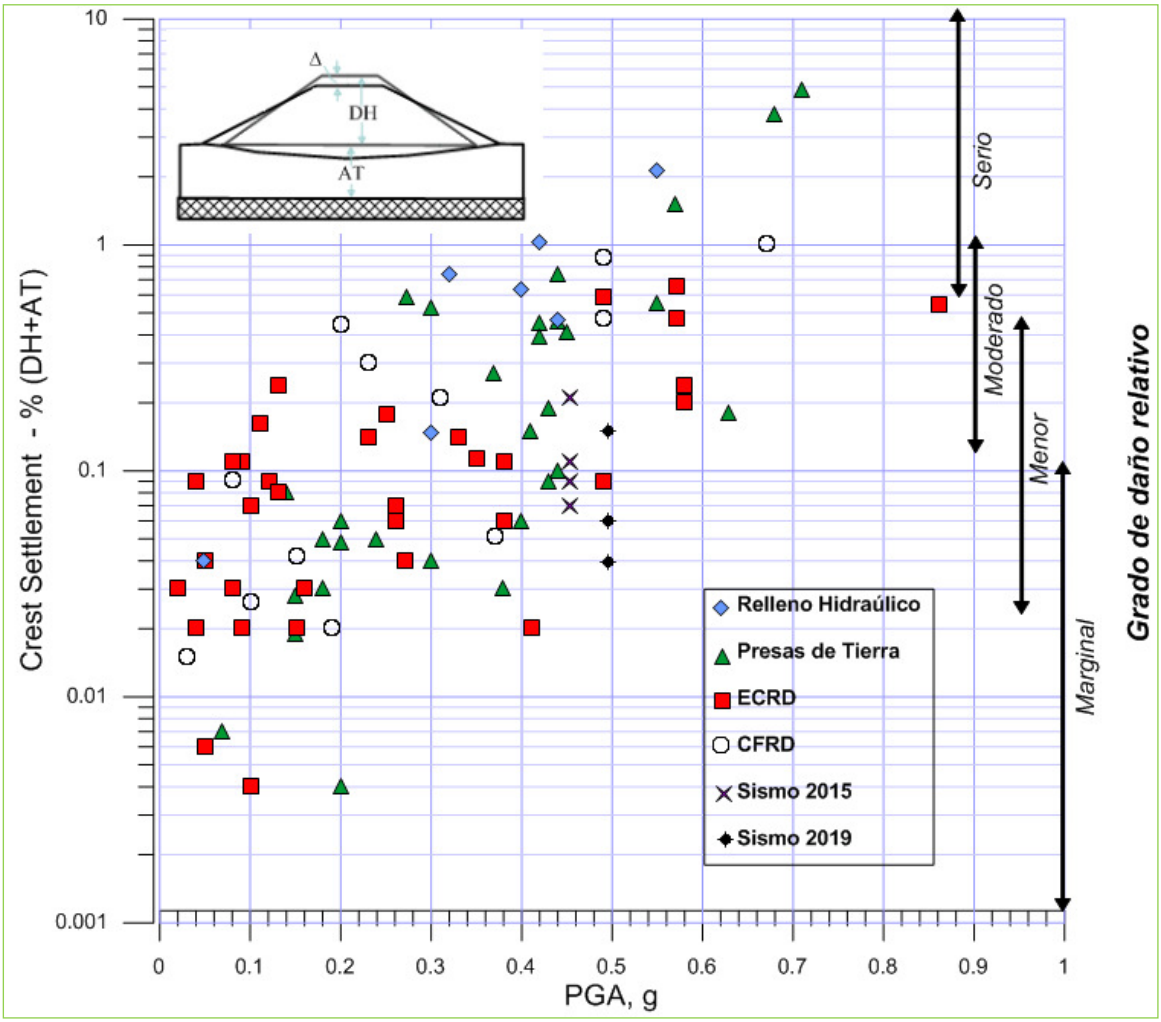
Figura 4-51: Asentamientos capa actual en comparación con asentamientos propuestos por Hunter & Fell (2002, Deformation Behaviour of Rockfill. University of New South Wales).



4.4.4. Comparación de Asentamientos Sísmicos

En la Figura 4-52 se comparan los asentamientos registrados en los muros del depósito producto del sismo de septiembre de 2015 y del sismo de enero de 2019, con datos reportados por Swaisgood (2013, Swaisgood, J. Predicting Dam Deformation Caused by Earthquake -An Update) en función de la aceleración máxima de campo libre (PGA). La figura incluye una escala de daños relativos propuesta por Swaisgood en función de los asentamientos en función de la altura de los muros. (crest settlement).

Figura 4-52: Asentamientos de presas durante eventos sísmicos



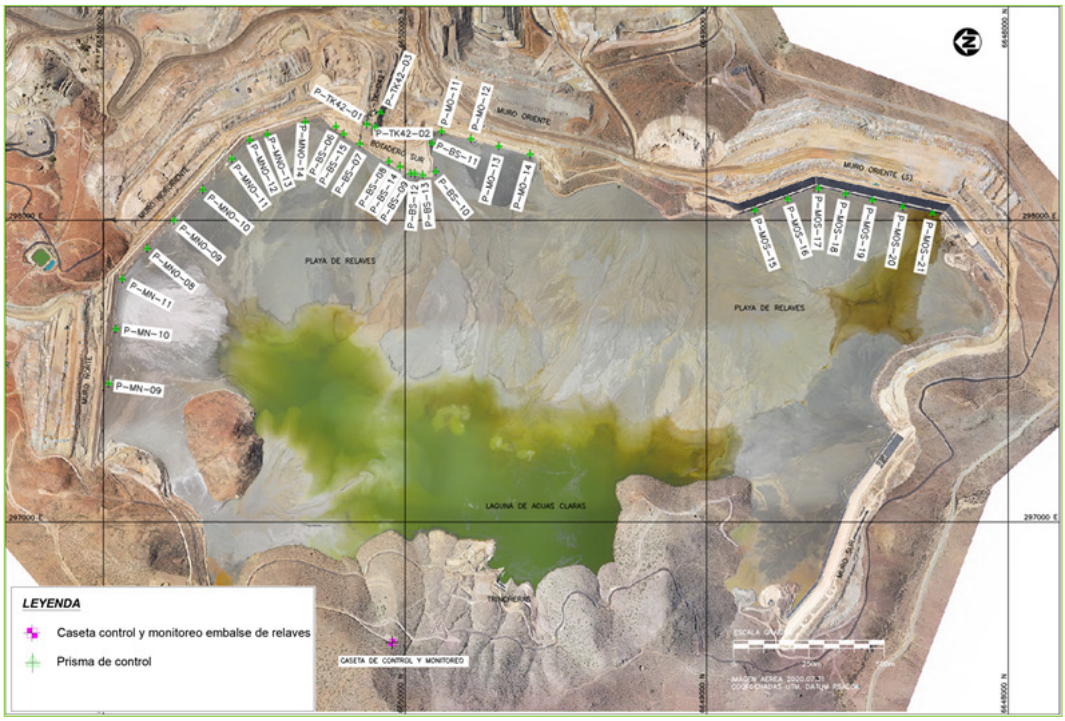
En la Figura 4-52 se presenta 4 muros (MN, MNO, BS y MO), escogidos por ser los únicos muros con registros disponibles para los dos sismos.

De la Figura 4-52 se infiere que los muros del depósito se encuentran en la cota inferior de asentamientos registrados, para un PGA de 0,52g. A su vez, la escala de daño relativo indica que para los muros del depósito se estiman daños menores a moderados, coincidente con lo reportado en terreno.

4.4.5. Prismas para control de Asentamientos

La Figura 4-53 indica la ubicación de los prismas instalados para el monitoreo de la Etapa 3.

Figura 4-53: Prismas para control de asentamientos y desplazamiento vectorial, Etapa 3.



En las figuras 4-54 a 4-58 se presentan los gráficos de elevación en el tiempo, de los prismas instalados en los muros MN, MNO, BS, MO y MO(S), medidos mediante la estación total destinada del proyecto TAPD2017 para un periodo de control de 20 meses (MN) a 24 meses (en el resto de los muros), para el lapso entre los años 2018 y 2020. Respecto de los prismas asociados al MO(S), al momento de escribir el presente informe, si bien se presenta la información gráfica disponible, esta no permite hacer una lectura clara de la tendencia, posiblemente debido a que el MO(S) es el que se encuentra más alejado respecto del punto de medición.

Se indica además que, al momento de escribir el presente mensaje, todos los prismas han sido retirados de la plataforma operacional a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, siendo reubicados durante el mes de febrero de 2021 a la cota de coronamiento de la Etapa 4, con posterioridad de la visita a terreno.

Respecto de los datos medidos para el muro MN se puede apreciar que la tasa de asentamiento que había aumentado hacia el término del año 2019, se estabiliza durante el año 2020, y vuelve a aumentar hacia el término del año 2020, sin embargo se debe indicar, que al Q4 del año 2020 y previo al retiro de los prismas, la plataforma operacional a la elevación de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido prácticamente no tenía revancha respecto de la playa de relaves.

El aumento en la tasa de asentamiento es algo que se puede apreciar también en el MO y en el BS, pero es válida la misma explicación indicada en el párrafo anterior para el muro MN, la casi inexistencia de revancha respecto de la playa de relaves, para ambos muros.

Respecto de la figura 4-57 (MO), se indica que la línea verde que se aprecia fuera de la tendencia (hacia arriba de la gráfica), corresponde al registro de un prisma de apoyo, que permite aumentar el rango del eje de los asentamientos (eje de las ordenadas, a la izquierda), ya que de otra manera, sería imposible apreciar la tendencia de asentamientos que muestra el gráfico.

Respecto de la información disponible, se pude indicar que la lectura de la elevación mediante estación total y prismas presenta una desviación instrumental que al momento de escribir el presente reporte no es conocido. Según la experiencia de Wood, en instalaciones similares y en ambientes similares, la desviación en las lecturas de elevación puede ser del orden de ± 5 cm, los que se consideran como precisiones de la lectura.

Se han desarrollado reuniones entre Teck CdA y Wood, con el proveedor del equipo de monitoreo Appareil Ltda, y se han programado las siguientes actividades para mejorar la calidad de los datos medidos desde la estación total robotizada:

- Calibración de la Estación total robotizada, se desmontará la estación y será reemplazada por un equipo en arriendo mientras dure la calibración del equipo;
- Instalación de prismas de control a la distancia de medición, se debe conformar un triángulo equilátero mediante tres (3) prismas de control ubicados a distancias similares a las de lectura (± 1.000 m) de la estación total robotizada;
- Instalación de prismas de control en las cercanías de la estación total robotizada, se debe conformar un triángulo equilátero mediante tres (3) prismas de control ubicados a ± 100 m del instrumento; y
- Habilitación de sensores de temperatura y refracción, que permitan compensar las lecturas en función de la variación de estos parámetros.

Se tiene programado implementar estas medidas el primer semestre del año 2021.

Si bien existe diferencia evidente en las lecturas puntuales y dispersión ostensible en los datos medidos, las tendencias en el largo plazo que se pueden apreciar en los gráficos de asentamiento construidos con los datos de los prismas, son consistentes con la información obtenida de las nivelaciones cerradas trimestrales que se realizan como parte de las actividades de monitoreo que realiza Wood en el sitio, lo que se traduce en un control redundante para la variable operacional “asentamiento”, lo que es favorable desde el punto de monitoreo de la TMF. Para la figura 4-54, los prismas P-MN-09 y P-MN-10, aparentemente fueron intervenidos momentáneamente posterior al 31 de julio de 2020, eso explicaría el salto de 25 cm que se aprecia en la gráfica.

Figura 4-54: Asentamiento Prismas MN (20 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA).

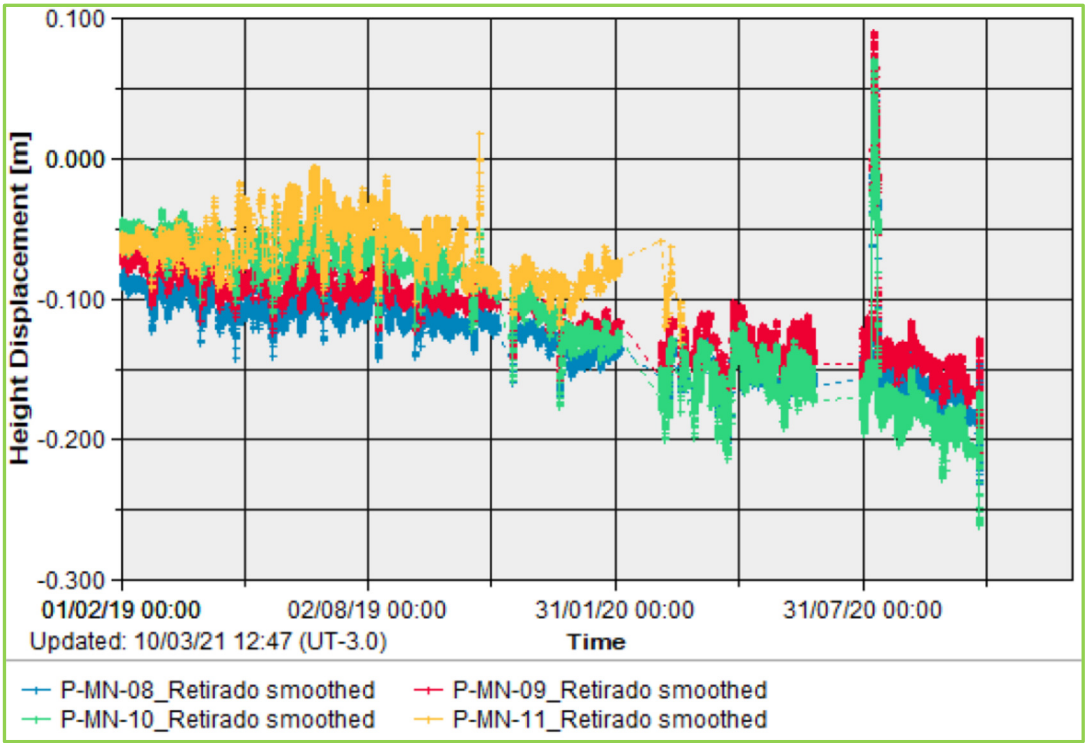


Figura 4-55: Asentamiento Prismas MNO (24 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA).

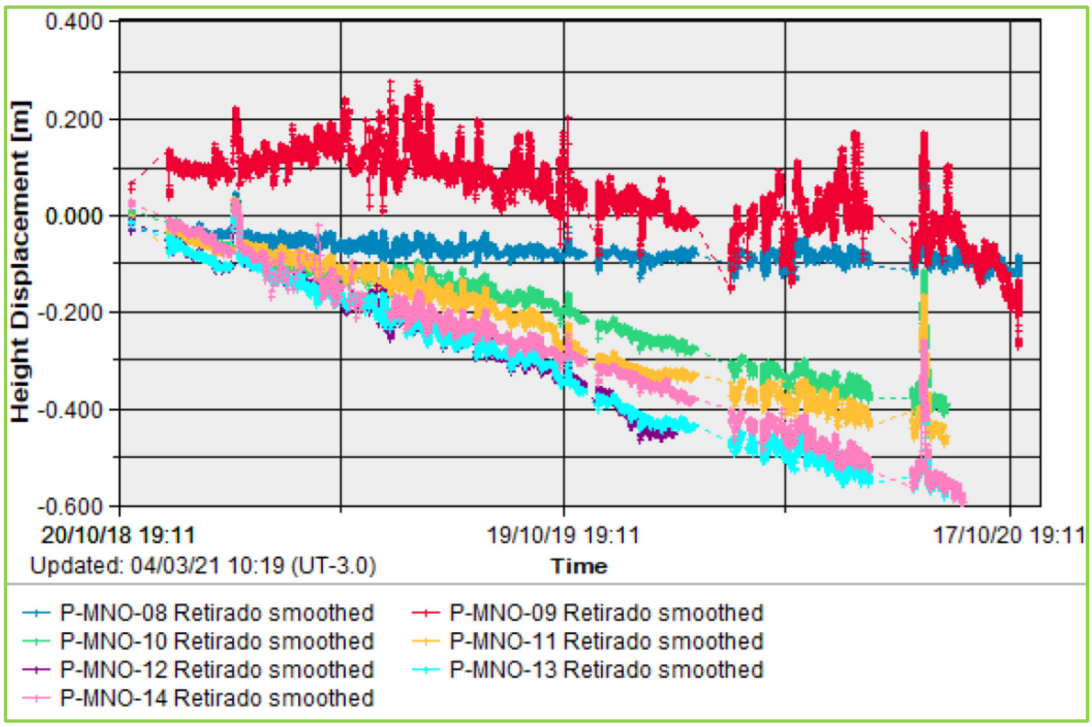


Figura 4-56: Asentamiento Prismas BS (20 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA).

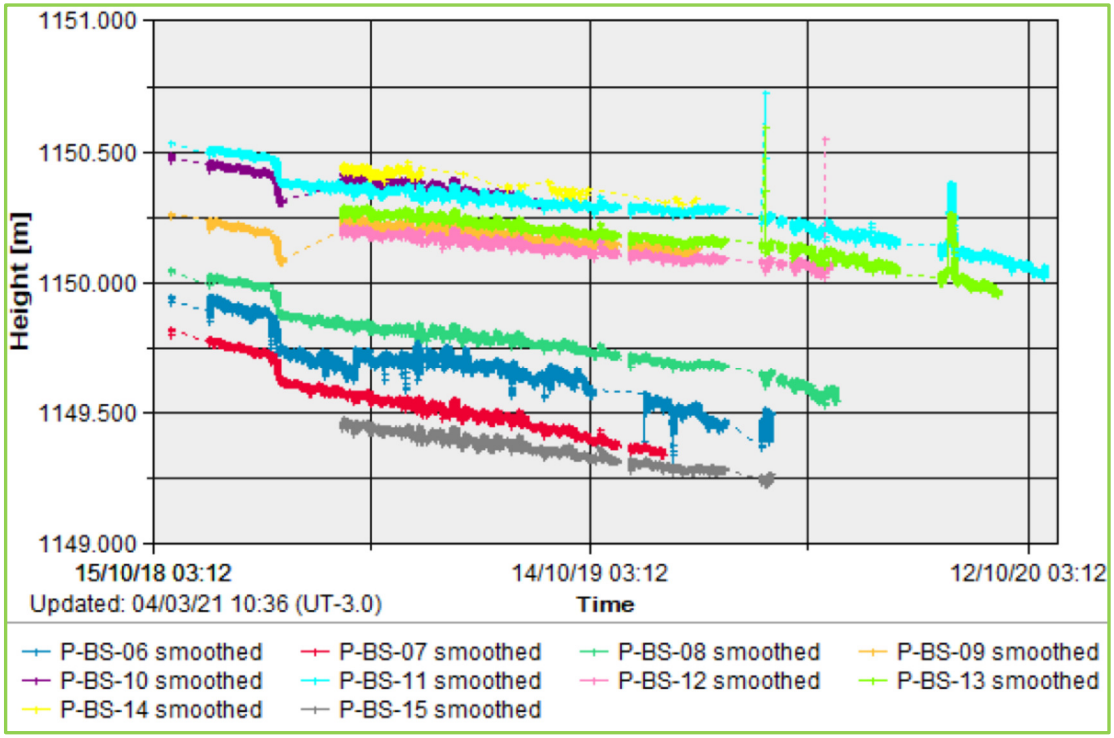


Figura 4-57: Asentamiento Prismas MO (24 mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA).

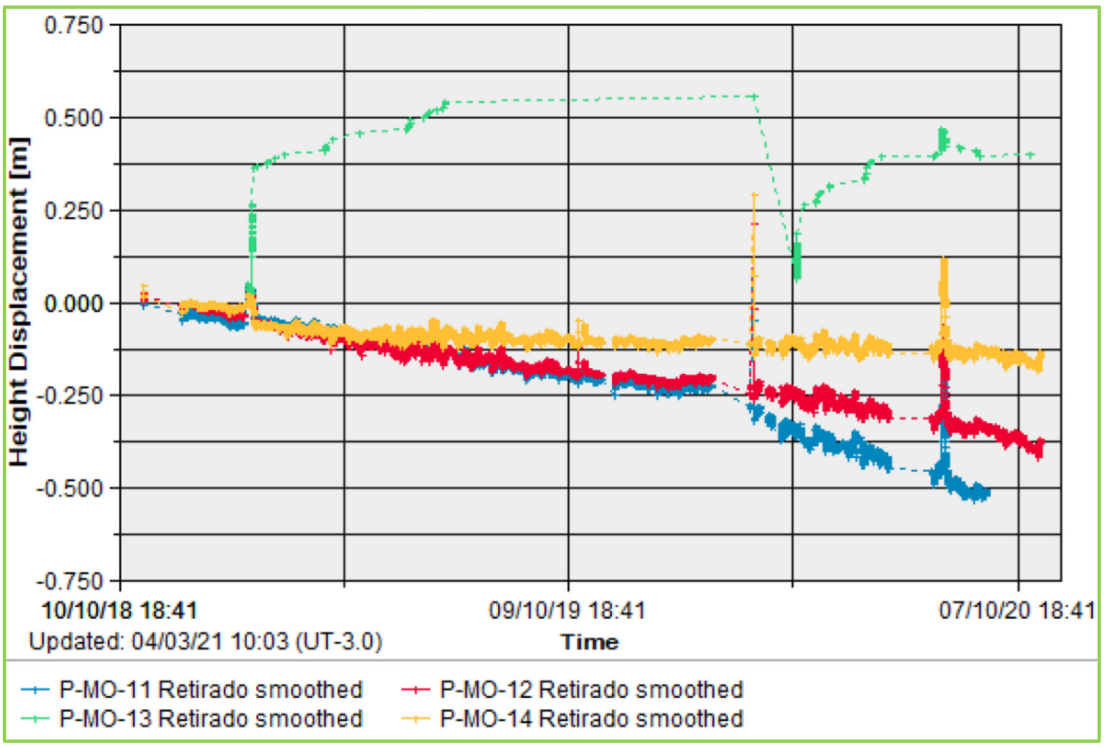
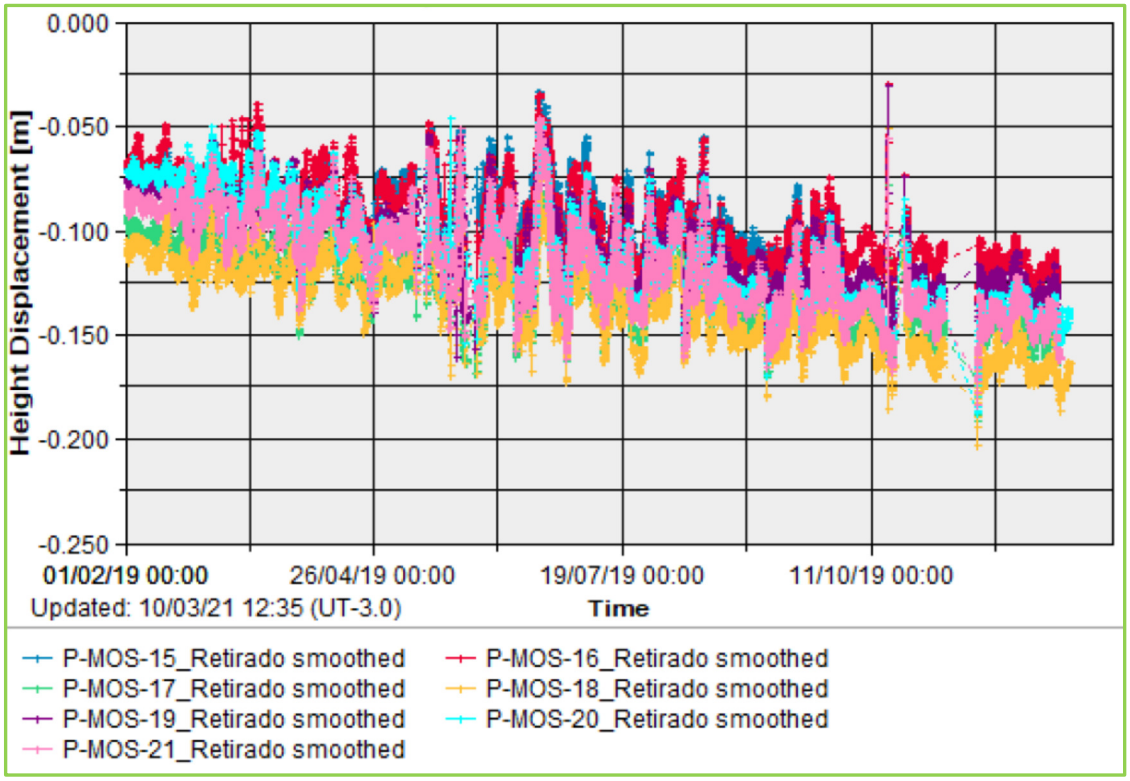


Figura 4-58: Asentamiento Prismas MO(S) (6mo), Pl. E3 (ref. TAPD2017, Teck CdA).



5.0 ESTABILIDAD

Durante la inspección de seguridad no se observaron agrietamientos en las plataformas operacionales al coronamiento de la Etapa 4 de crecimiento diferido de los muros MN, MO(S) y MS, así como tampoco en las plataformas intermedias inspeccionadas para el caso de aquellos muros en los que no se ha concluido la construcción de la E4, como son el estribo oriente del MN, el muro MNO, el BS (Pl. TK-042) y el muro MO.

Esta es una condición diferente a la observada durante los años anteriores en la que se pueden apreciar agrietamientos en las fotografías informadas en las inspecciones DSI 2017, DSI 2018, DSI 2019 y DSI 2020. Estas grietas se han relacionado con la inclinación del talud aguas arriba (1,6 (H) / 1 (V)), además de la exposición prolongada del relleno de transición el que se construida hasta 3 años antes que comenzara a operar la etapa respectiva.

En la inspección de terreno para el presente informe, no se detectaron condiciones de inestabilidad que comprometan la integridad de los diferentes muros del embalse de relaves, encontrándose en general todos los muros un excelente estado operando de acuerdo a lo esperado según el diseño.

6.0 CALIDAD DE AGUA DESCARGADA

Teck CdA desarrolla programas de monitoreo de componentes ambientales en diferentes emplazamientos de la faena con el fin de dar cumplimiento a lo requerido por la autoridad ambiental mediante la Resolución de Calificación Ambiental (RCA #104) y a los criterios de control internos de la compañía (autocontrol). Teck maneja los reportes de calidad de agua de forma separada a los informes de seguridad de presas.

7.0 OBSERVACIONES DEL SITIO

7.1. Participantes

La inspección de Terreno se realizó el lunes 25 de enero de 2021, contando con la participación de los siguientes profesionales:

- Marco Barrientos Reyes: Ingeniero de Relaves, Gerente de Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile;
- Luis Alvarez Lepeley: Ingeniero Civil, Jefe de Terreno Proyecto EoR Teck CdA, Wood, Chile; y
- John Pottie: Gerente Ingeniería Geotécnica, Teck, Santiago, Chile.

Debido a la Contingencia COVID 19 y por pertenecer al grupo de riesgo, los Sres. Luis González Caro M. Sc., Ingeniero de Registro, Wood, Santiago de Chile; Mickey Davachi Ph. D, P. Eng, Principal Geotechnical Engineer, Wood, Calgary, Canadá y Sergio Barrera consultor senior de relaves, Wood, Santiago de Chile, no han podido participar de la visita a terreno, como en los años anteriores.

7.2. Programación

Las actividades se desarrollaron de acuerdo con el siguiente programa:

Tabla 7-1: Programación ATFI 2021

Inicio	Término	Actividad	Estructura											
			Coronamiento	Talud AArriba	Estribos	Playa	Talud AAbajo	Pie	Sistema Colector de Filtraciones	Aforador	Piscina	Instrum.	Taludes	Terreno Natural
Lunes 25														
8:00	8:30	Ingreso a Faena												
8:30	9:00	Reunión de Inicio												
9:00	9:30	Visita Mirador BS												
9:30	9:50	Inspección MN	☑	☑	☑	☑								
9:50	10:10	Inspección MNO	☑	☑	☑	☑								
10:10	10:30	Inspección BS	☑	☑	☑	☑								
10:30	11:00	Inspección MO	☑	☑	☑	☑								
11:00	11:10	Inspección BS	☑	☑	☑	☑								
11:10	11:20	Inspección MNO	☑	☑	☑	☑								
11:20	11:45	Inspección MN					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
11:45	12:00	Water Pond 7.000 m^3												
12:00	12:30	Inspección MNO					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
12:30	15:00	Almuerzo												
15:00	15:30	Inspección MO(S)	☑	☑	☑	☑								
15:30	16:00	Inspección MS	☑	☑	☑	☑								
16:00	16:30	Inspección Trincheras									☑	☑	☑	
16:30	17:00	Inspección MP											☑	☑
17:00	17:30	Inspección MO(S)					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
17:30	18:00	Inspección MO					☑	☑	☑	☑	☑	☑		
18:00	18:30	Inspección BS					☑	☑	☑		☑			
18:30	19:00	Reunión de Cierre												
19:00		Fin TFI 2021												

Abreviaturas:

AAbajo / AArriba: aguas abajo / aguas arriba; y

Instrum.: Instrumentación;

7.3. Inspección

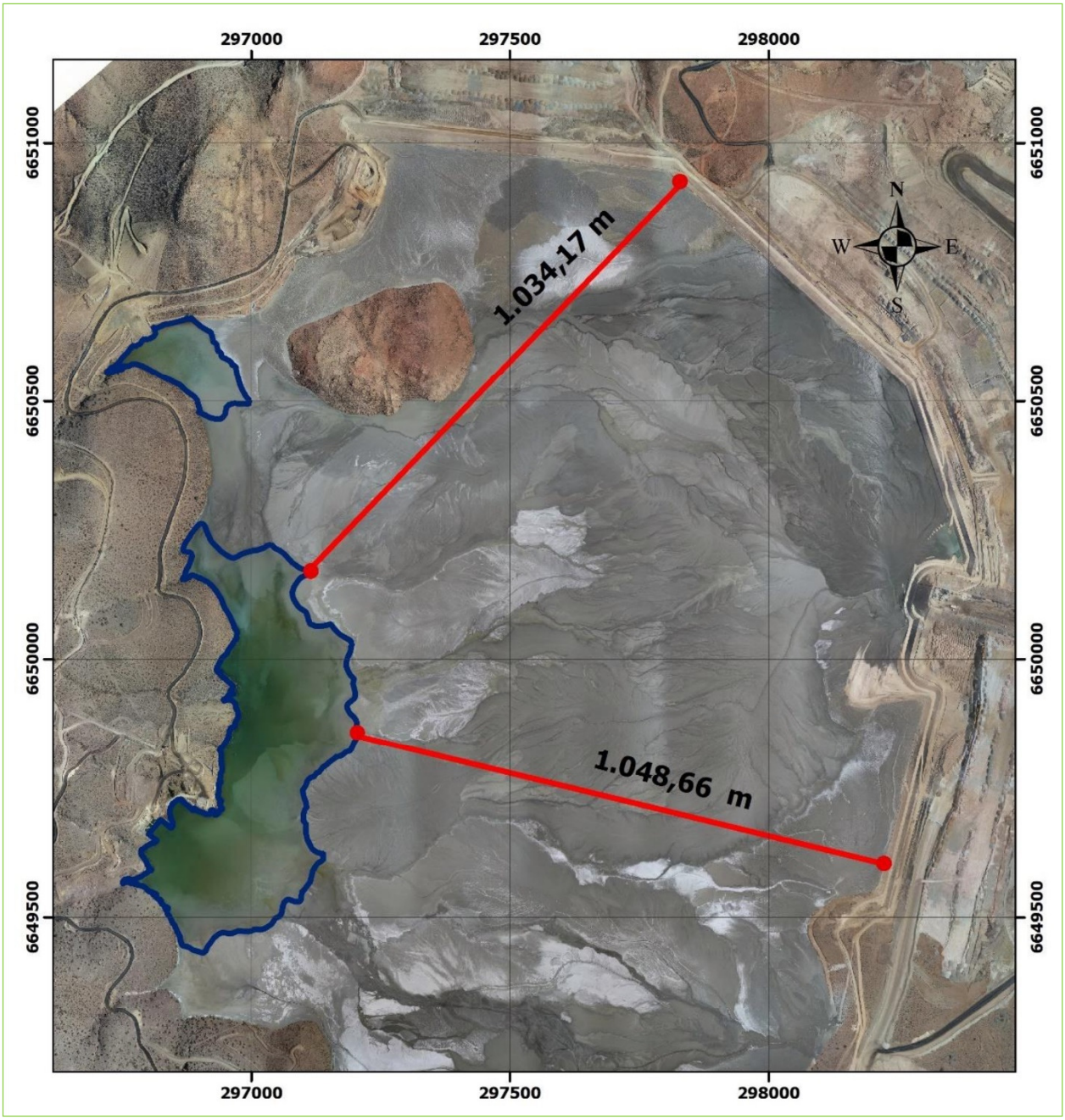
Se realizó una inspección detallada de todas las obras asociadas al depósito de relaves, según se describe a continuación.

7.3.1. Extensión de Playas

La laguna de aguas claras tiene un tamaño muy reducido (~ 80.000 m^3) y se encuentra confinada en la cola del embalse y bastante alejada de los muros de contención (Fotografías 1 y 2, Anexo A) a una distancia superior a 1.000 m para los muros sin impermeabilizar del sector norte del embalse (ver). En el Muro Nororiente estribo sur y sobre la plataforma operacional al coronamiento de la E3 de crecimiento diferido, se observa la playa húmeda con agua somera (Fotografías 3 y 4, Anexo A), dada la reciente operación de las descargas Rebose y D4A. Esto es normal que ocurra ocasionalmente durante la descarga de relaves, y se debe procurar empujar el agua a lo menos 100 m de los muros, en el corto plazo. En el sector de la descarga D6, (ver Figura 7-1), también se aprecia agua somera en contacto con el terreno natural del Cerro Tapadera, dado que en el primer turno del día 25 de enero había iniciado la operación desde dicha descarga. Del mismo modo, dado el exceso de descarga de relaves durante el periodo desde el sector centro de la TMF, al pie del futuro muro Poniente se puede apreciar una laguna parásita apoyada contra el terreno natural al pie del Cerro Negro, de 20.000 m^3 aproximadamente, se nos ha informado que en el corto plazo quedará habilitada la descarga D1, con la que se movilizará esta agua hacia la trinchera para su recuperación y retorno al proceso de la planta concentradora.

El diseño actual de los muros requiere que se desarrollen y mantengan extensas y anchas playas de relave sobre el nivel del agua de la laguna, primordialmente para limitar la infiltración a través de los muros. En general, son muros diseñados para no estar en contacto con agua, y se requiere mantener alejada la laguna. La longitud de la playa de relaves sobre el agua se vuelve una característica clave en la operación de la TMF, dado que las pendientes de la playa son bastante planas, del orden de 0,3 %, por debajo de los valores estimados en el diseño. La longitud de la playa se maneja a través de las descargas de relaves distribuidas y por el manejo del nivel de la laguna de aguas claras (sistema de recuperación por bombeo) según el diseño. En particular, el manejo de la laguna es muy importante debido a que pequeñas fluctuaciones en el volumen de agua (por precipitaciones, evaporación y recuperación por bombeo) pueden modificar la longitud y superficie de la laguna, afectar los sólidos suspendidos y alterar la ubicación de la laguna. El diseño del plan de llenado para la TMF incluye el desarrollo de playas muy extensas, y los apozamientos de agua temporales localizados resultado de las características irregulares del terreno y/o debido a la distancia entre los puntos de descarga, no son una preocupación a medida que se llena la cubeta, dado que se eliminan en el corto plazo en el mismo proceso operacional de llenado.

Figura 7-1: Longitud Playa de Relaves al 2021.01.20 (ref. Control Batimétrico enero 2021, Teck CdA).



7.3.2. Agrietamiento de la Zona de Transición

En las anteriores visitas a terreno para DSI (hoy ATFI), se observaron agrietamientos en la zona de transición para los muros MN, MNO, BS y MO. Durante la presente visita solo se observan agrietamientos antiguos ya tratados con arena fina / media en el sector denominado nariz del BS, pero que dada la proximidad de la playa de relaves a la elevación de dicha plataforma se recomienda sellar con arena fina – media, previo a

que los relaves las cubran completamente el sector sur de dicha plataforma (ver Fotografías 18 y 19, Anexo A). Se deja establecido, que el resto de los muros no presenta agrietamientos, esto marca una diferencia importante respecto de los años anteriores y en general el relleno de transición que se puede inspeccionar durante la presente visita a terreno corresponden a los rellenos colocados en el periodo 2019 – 2020, por lo que son relativamente recientes, comparados con los rellenos visitados durante las inspecciones anteriores los que en algunos casos se encontraban construidos desde el año 2013 y expuestos sin relaves en alturas de hasta 20 m por un periodo 6 años aproximadamente. De particular interés es la zona de la plataforma operacional sobre el BS, a la elevación de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, la que en general, salvo los agrietamientos antiguos ya mencionados en el sector de la nariz, se encuentra en excelentes condiciones, lista para recibir la depositación de relaves, sin observarse durante la visita (ni a lo largo de la operación) evidencia de formación de hundimientos, sinkholes u otros

Al parecer la causa más probable para la aparición de agrietamientos, son los esfuerzos de tensión en la zona de aguas arriba de la transición inducidos por la presión de la fuerza de arrastre de los relaves y el asentamiento del enrocado compactado (principalmente en áreas planas del BS), sumado a una cierta inestabilidad superficial de la capa de transición asociada a la inclinación del talud 1,6 (H) / 1 (V) para los muros no impermeabilizados del sector norte de la TMF. Una pérdida de agua y relaves dentro del enrocado puede ocurrir en caso que la grieta sea sometida a agua apozada bajo una alta carga hidráulica durante eventos de precipitación extrema o cuando la laguna de agua recuperada se acerque al muro, sin embargo, de acuerdo a los estudios realizados durante el año 2019, tanto para el Manejo de Crecidas (ver capítulo 3.2), como para la Actualización del Plan de Manejo de Relaves (Wood, 2019), y para la Evaluación de la Impermeabilización del coronamiento a la Etapa 3 de crecimiento diferido del Botadero Sur (ver capítulo 9.3.1), indican que la posibilidad de ocurrencia es no creíble. Es necesario notar, que aun cuando han ocurrido eventos de precipitación extrema en el pasado, el más reciente en el mes de mayo del año 2017, no ha habido evidencia de formación de hundimientos (sinkholes) en las superficies planas de la zona de transición, donde la escorrentía superficial pudiera haberse apozado. Además, la profundidad de las grietas medidas se han informado con valores máximas cercanos a los 0,8 m en superficies planas y 1,5 m en superficies inclinadas, contemplando que el relleno de transición construido en superficies planas considera un espesor mínimo de 1,5 m y el ancho del relleno de transición en taludes es de 4,0 m, esto indica que la pérdida de transición hacia el enrocado es nula o mínima, por lo que se descarta que esta sea la causa de los agrietamientos.

7.3.3. Filtraciones

Durante la visita, solamente se observan filtraciones permanentes al pie aguas abajo del MNO del orden de los 12,7 L/s al término del periodo 2020 equivalente a un 9% menos que el flujo registrado para el período 2019 (Fotografías 16 y 17, Anexo A), de este flujo 1/3 aproximadamente corresponde al sistema de drenaje del MNO y el resto corresponde a un flujo que no es captado por el sistema de drenaje.

Del mismo modo, se observan filtraciones intermitentes al pie aguas abajo del MN, menores a 0,2 L/s al término del periodo 31 de diciembre de 2020 equivalente a un 33% menos que el flujo registrado para el período 2019, las cuales no son captadas por el sistema de drenaje del MN (ver ítem 8.4.2).

La disminución relativa de estos flujos respecto del periodo anterior, se puede explicar dada la extensión de las playas de relaves (mayor a 1.000 m para los muros sin impermeabilizar del sector norte y centro de la TMF, a las bajas precipitaciones del periodo y la baja utilización de las descargas del sector norte de la TMF (ver capítulo 2.1).

Aguas abajo del MO, en el aforador, se puede apreciar un pequeño flujo de agua coque no puede ser aforado y dadas sus características físico - químicas guardaría relación con la operación de las pilas ROM, y no con la TMF.

La ausencia de filtraciones permanentes en el resto de los muros, se debe principalmente a la elevación actual del pelo de agua de la laguna de recuperación de agua y a la longitud de las playas de relaves, lo que restringe las potenciales filtraciones. Basado en los informes DSI anteriores, ha habido pequeños cambios en la filtración y esto se debe en gran parte, a mantener largas playas por encima del nivel de agua en la laguna.

La filtración no es actualmente una preocupación y puede y los caudales actuales de filtración son manejables. A medida que aumenta en altura el depósito de relaves, será importante mantener extensas playas de relave para ayudar a controlar y bajar el nivel de la superficie freática. Es esperable que las tasas de filtración aumenten mientras la TMF crece, por lo que el monitoreo será un medio importante para planear y comprender la condición de las instalaciones.

7.3.4. Muro Norte (MN) – Aguas Arriba

Tal como se reportó en la inspección anterior, al inicio del periodo 2020 comenzó la construcción del enrocado de la etapa 5, hasta la cota El. 1.177,5 msnm (ver Anexo A, Fotografía 8). Se encuentra construido el relleno de transición, correspondiente a la E4 de crecimiento diferido, salvo en el estribo poniente del muro en el empalme con el MNO. Del mismo modo, durante el año se dio inicio al perfilado del relleno de transición, es decir el retiro del sobre ancho de construcción no compactado desde la cara del talud interno del muro, tarea que se encuentra suspendida aproximadamente a un 1/3 del avance y que no será retomada de acuerdo a lo indicado en el capítulo 9.3.2. El MN se encuentra en excelentes condiciones (Fotografías 7 y 8, Anexo A).

Sin trabajos en el sector durante la visita.

7.3.5. Muro Norte (MN) - Aguas Abajo

La fotografía 14 del Anexo A muestra la piscina recolectora de filtraciones, aguas abajo para el Muro Norte. Al momento de la visita a terreno, se mantienen activos tanto el drenaje del MN, como el flujo de afloramientos no captados por la cañería colectora de

drenajes, sumando ambos flujos un caudal menor a los 0,2 L/s y disminuyendo consistentemente. Cabe recordar que estos flujos son de naturaleza intermitente y están directamente relacionadas con la operación de las descargas D2 / D1 (las que no operan desde el mes de septiembre de 2020) y las precipitaciones, ver ítem 8.4.2, Figura 8-5. Del mismo modo, se visita el nuevo afloramiento (flujo aforado: 0,4 L/s aproximadamente) detectado al pie de la estructura denominada “rampa de acceso al muro norte, camino minero” (ver capítulo 8.5.2.1).

En general, parte del área se encuentra inundada y sin un manejo integral de los flujos de agua involucrados. Sin trabajos en el sector durante la visita.

7.3.6. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Arriba

Se encuentra parcialmente construido el relleno de transición según el siguiente detalle: (i) estribo poniente y gran parte del tramo central del muro, hasta la capa # 24 (El. 1.159,10 msnm); (ii) sector sur del tramo central, hasta la capa # 19 (El. 1.157,10 msnm) (iii) estribo sur sobre el BS hasta la capa #11 (El. 1.153, 90 msnm). El talud interno se encuentra sin perfilar y en general el MNO se encuentra en excelentes condiciones (Fotografías 10 a 12, Anexo A).

Al momento de la visita se encontraba en construcción el relleno masivo en el estribo sur aguas abajo del muro a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento diferido y hasta el pie de la E6, sobre el BS en el empalme con la estructura denominada plataforma TK – 042, en cuyo coronamiento se encuentra el sistema de distribución de relaves, en la Fotografía 13 (Anexo A), se puede apreciar estos trabajos, junto con la granulometría del relleno masivo.

Del mismo modo, se encontraba en pleno desarrollo la actividad de unión por termofusión del ramal norte de la cañería de distribución de relaves. Esta cañería debe estar habilitada para operación hasta la descarga D1, a mediados del mes de febrero 2021.

7.3.7. Muro Nororiente (MNO) – Aguas Abajo.

Las fotografías 16 y 17 (Anexo A) muestran las obras recolectoras de drenajes, filtraciones y afloramientos, las que se emplazan aguas abajo del muro. El afloramiento al norte desde el muro se encuentra en el orden de los 3,6 L/s, el afloramiento al sur del muro se encuentra en el orden de los 4,7 L/s y el escurrimiento en el sistema de drenaje está cercano a 4,4 L/s, totalizando 12,7 L/s, al término del periodo. Cabe destacar que los aforadores asociados con los afloramientos norte y sur, presentan acumulación de algas, no así el aforador del sistema de drenaje del MNO. Cabe mencionar, que se encuentran habilitados en cada uno de los aforadores, sistemas de lectura de caudal remotos, en base a sensores de nivel.

Se puede apreciar humedad en las inmediaciones del afloramiento denominado AFL-POZA (ver Anexo A, Fotografía 16) lo que sugiere que el sistema colector existente tiene su capacidad de porteo disminuida para evacuar el flujo captado hacia la piscina colectora de drenajes.

Al igual que el año anterior, se observa agua acumulada en el fondo de la subsidencia detectada al pie del cerro arenas, en diciembre del año 2016.

Sin trabajos en el sector durante la visita.

7.3.8. Botadero Sur (BS)

El botadero sur es una gran protrusión (alto y ancho) de desechos mineros vaciados hacia la cubeta del depósito, antes de la construcción de la TMF, entre el muro nororiente y el muro oriente (Fotografías 3, 4, 5 y 6, ver Anexo A), sobre la cual se fundarán las etapas 5 y 6 de los estribos sur y norte de los mencionados muros, respectivamente.

Durante la visita se observa que la plataforma a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido ya se encuentra parcialmente cubierta por los relaves (sectores norte y centro), dada la reciente operación de la descarga rebose. El sector sur aún se encuentra a la vista, apreciándose el relleno de transición colocado en excelentes condiciones y listo para entrar en operación, salvo los agrietamientos detallados para la nariz del botadero (ver capítulo 7.3.2). La cubierta de relaves en general de bajo espesor, salvo en el sector localizado en las inmediaciones de la descarga, en donde se estima que la playa de relaves en su punto más alto tiene unos 2,0 m de espesor aproximadamente (ver Anexo A, Fotografía 9).

Es de especial interés el seguimiento del llenado con relaves de esta plataforma, pudiéndose indicar al momento de escribir el presente informe, que este ha sido lento y uniforme, libre de lagunas parásitas, sin observarse hundimientos a lo largo de la superficie que sean atribuibles a la saturación de los rellenos.

En la plataforma destinada para el estanque de distribución TK-042, a la elevación de coronamiento de la E5 de crecimiento diferido (El. 1.177,5 msnm), se constata que ya se encuentra habilitado el sistema de bombeo para la distribución de relaves, la que hasta el periodo anterior, se hacía exclusivamente de manera gravitacional.

Con la habilitación del sistema de bombeo, se podrá descargar relaves por lo spigots más alejados, D1 - D3 en el sector norte de la TMF, y D7 - D8 en el sector sur, sin que opere intermitentemente el rebose lo que ayudará al llenado controlado y uniforme de la plataforma, descrito anteriormente.

El material estéril en el botadero sur fue cargado en grandes espesores sin compactación y con bastante variación de la granulometría del material de relleno. Ha habido un importante interés sobre el diseño y la operación en esta área, relacionado con restringir tanto las filtraciones, como la entrada de relaves al enrocado y la posibilidad de formar un hundimiento (sinkhole) dentro del cual una cantidad no controlada de agua y relaves pueda ser liberada desde la TMF hacia aguas abajo, al momento que la TMF haya aumentado su altura (según lo planificado), al respecto se puede indicar que todos los estudios recientes, desarrollados por Wood, indican que la ocurrencia de un sinkhole en el sector no es creíble, incluso ante la presencia de agua.

Se requiere continuar con el monitoreo en el área y cumplir con el actual plan de llenado, el que contempla desarrollar una playa muy extensa en el sector, para evitar que ocurran incidentes de este tipo en esta área. Sin embargo, considerando las grietas que han aparecido en el pasado y podrían seguir apareciendo en el material de la zona de transición y la certeza que habrá actividad sísmica regularmente en el área, se debe mantener un esquema robusto de operación para asegurar una playa de relaves extensa, por sobre el nivel de la laguna de aguas claras, el foco para esta área desde el punto de la operación es levantar la playa durante los meses de verano, para mantener alejada la laguna de crecida producto de las precipitaciones. En la medida que crezca la laguna de la TMF, esta área se volverá más crítica. El monitoreo de las filtraciones, nivel freático, asentamientos y grietas son clave para garantizar la seguridad de esta área.

La Fotografía 36 (ver Anexo A), muestra la piscina de recolección y monitoreo de filtraciones aguas abajo del MNO / BS. Al momento de la visita estos afloramientos se encontraban activos, lo que se atribuye a la normal operación de las instalaciones, tanto de la planta concentradora, como de la planta de electro obtención, ya que estos afloramientos se relacionan probablemente con el riego de Pilas de Lixiviación (Pilas ROM), que se ubican aguas arriba de la mencionada piscina.

Sin trabajos en el sector durante la visita.

7.3.9. Muro MO – Aguas Arriba.

Se puede apreciar un playa extensa y seca a pie del muro (Fotografía 20, ver Anexo A), el relleno de transición se encuentra construido hasta la capa #15, El. 1155,50 msnm (Fotografía 21, ver Anexo A). Al comienzo del periodo se completó el relleno masivo correspondiente al estribo norte del muro y su empalme con la plataforma para la distribución de relaves TK-042, a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento diferido (Fotografía 22, ver Anexo A), y a mediados de año se completó el relleno masivo en el mismo sector hacia aguas abajo a la misma elevación y hasta el pie de la E6.

El talud aguas arriba del muro oriente se encuentra en excelentes condiciones, sin trabajos en el sector al momento de la visita.

7.3.10. Muro MO – Aguas Abajo.

Las pilas de lixiviación se encuentran ubicadas aguas abajo del muro oriente (Fotografía 33, ver Anexo A).

La cañería de HDPE de descarga del sistema de drenaje basal del MO, que se encontraba expuesta hasta la visita pasada, está protegida con un dado de hormigón (Fotografía 34, ver Anexo A) y cubierta con material de relleno al momento de la visita.

El aforador “V Notch ” presenta un flujo bajo de agua ácida el que no se puede aforar y que se relaciona con la operación de las pilas ROM (Fotografía 35, ver Anexo A).

7.3.11. Muro MO(S) – Aguas Arriba

Al momento de la inspección, la colocación de la geomembrana en el talud interno del muro de la E4 de crecimiento diferido presentaba un avance del 99% y pronto a finalizar durante el Q1 del año 2021. (Fotografías 24 y 25, ver Anexo A).

Salvo por una arruga en el liner hacia el estribo sur del muro (Fotografía 26, ver Anexo A), el talud aguas arriba del muro oriente sur se encontraba en excelentes condiciones.

7.3.12. Muro MO(S) – Aguas Abajo

No se observó ningún problema en el sector aguas abajo del muro oriente sur.

7.3.13. Muro MS – Aguas Arriba.

Al momento de la inspección, la colocación de la geomembrana en el talud interno del muro de la E4 de crecimiento diferido presentaba un avance del 90%, restando la impermeabilización de los dos (2) estribos y parte de la plataforma operacional a la El. de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido (Fotografías 27 y 28, ver Anexo A). Los trabajos deben finalizar el Q1 del año 2021.

Salvo por aire atrapado en la lámina hacia el estribo poniente del muro, el talud aguas arriba del muro oriente sur se encontraba en excelentes condiciones.

7.3.14. Trincheras – Sistema de recuperación de Aguas Claras.

Se inspeccionó la trinchera N°8 del sistema de recuperación de aguas claras, desde donde se continúa recirculando hacia el proceso de la planta concentradora el agua desde la laguna (Fotografía 30, ver Anexo A), constatándose que se ha reubicado la posición del manifold de impulsión para el agua recuperada a una elevación superior, debido al retraso en la construcción de la trinchera N° 9. Desde el punto de vista de la operación de la trinchera, la nueva posición aumenta en más de un año su vida útil. Al 31 de diciembre de 2020, el stock de agua en la laguna está en torno a los 80.000 m^3, y el caudal de agua bombeado se mantiene en el mínimo operacional, entre los 80 L/s (1 bomba + 3 stand by) y los 150 L/s (2 bombas + 2 stand by), lo anterior debido a que dado el stock bajo – bajo de agua acumulada en la laguna, durante todo el periodo estival se ha reportado una profundidad de la interfaz agua - relaves de ~ 1 m, lo que se encuentra cerca del mínimo de 0,80 m que permite operar las bombas de recuperación de agua, sin la succión de sólidos.

La antigua plataforma para el manifold de descarga de las bombas de agua recuperada de la trinchera N° 8, se encuentra decomisionada y sin acceso, debido a la saturación del relleno, por la elevación del pelo de agua (Fotografía 29, ver Anexo A).

Al momento de esta visita a terreno, las actividades de perforación para la tronadura para trinchera N° 9, se encontraban detenidas.

7.3.15. Muro Poniente – Fundación.

La construcción de la E4 del Muro Poniente está reprogramada para iniciar el Q2 del año 2021. Al momento de la visita a terreno, se encontraba completamente escarpada la totalidad de la superficie de la traza del muro, pudiéndose apreciar la roca aflorante en una condición fracturada y degradada (Fotografías 31 y 32, ver Anexo A), se puede apreciar además una pequeña laguna parásita al pie de la posición de la Etapa 4 del muro, apoyada sobre el terreno natural.

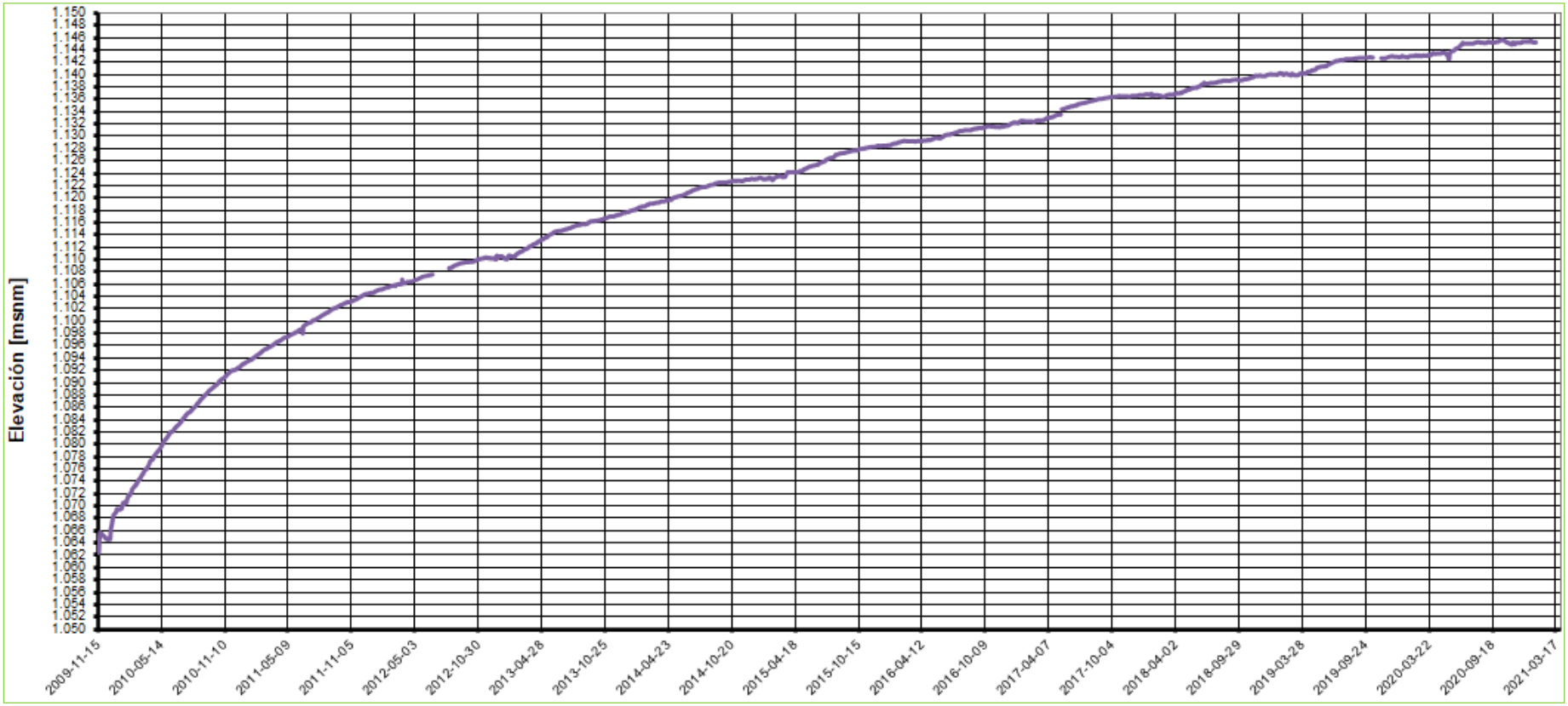
7.3.16. Instrumentación y Monitoreo

Actualmente no existen piezómetros ubicados en las playas de relaves aguas arriba de los muros, aunque se está considerando su instalación en el mediano plazo.

7.3.17. Niveles de agua

El nivel de la laguna de clarificación se mide topográficamente mediante estación total de manera diaria. A continuación, se presenta la evolución histórica de la Elevación del pelo de agua de la laguna de aguas claras.

Figura 7-2: Elevación de la laguna de aguas claras (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood).



8.0 EVALUACIÓN DE SEGURIDAD DE LA INSTALACION DE RELAVES

8.1. Criterios de Diseño Clave

A continuación, se presenta el chequeo de la condición de los criterios de diseño claves de la TMF, durante el período.

Tabla 8-1: Estatus Criterios de Diseño Clave durante el periodo (ref. manual OMS_R4 AmecFW).

Ítem	Criterio de Diseño	Estatus Durante el Período
Pendiente media de depositación de los relaves	Superficial: 0,5%; Bajo el Agua 1,2 %	Superficial: 0,35%; Bajo el Agua: 0,60 %
Método Constructivo	Construcción por método aguas abajo	Corresponde al método constructivo aplicado durante el período;
Sistema de Impermeabilización	Material de baja permeabilidad (relleno de transición) en talud interno de todos los muros y Botadero Sur. Adicionalmente, geomembrana de HDPE de 1,5 mm de espesor, sobre le relleno de transición, en talud interno de la Etapa 1 de los muros MNO, MO y Botadero Sur y en todas las Etapas para los muros que drenan hacia la cuenca del Limarí (MO(S) y MS).	Verificado durante el período;
Geometría de los Muros	Talud Aguas Abajo 1,8 (H) / 1 (V). Talud Aguas Arriba 2,0 (H) / 1 (V) para los muros impermeabilizados con Geomembrana y 1,6 (H) / 1 (V) sin Geomembrana, Ancho de coronamiento mínimo de 50 m en etapas de crecimiento intermedias (1 @ 5)	Verificado durante el período;
Densidad de Compactación en Muros de Estéril	Entre 1,7 t/m^3 y 1,9 t/m^3	En promedio E1 @ E5 1,82 t/m^3; en el periodo 2020 el promedio es de 1,89 t/m^3, alcanzándose sistemáticamente para los controles superficiales densidades de compactación secas de 2,0 t/m^3. El promedio para los controles superficiales es de 1,96 t/m^3 en el periodo, en tanto aquellos ensayos realizados a 1 m de profundidad, arrojan un promedio de 1,82 t/m^3;
Revancha	Mínimo 3 m para los relaves en contacto con los muros	Durante la visita se observó que en el sector del rebose, puntualmente existe un revancha de 1,0 m aproximadamente, la cual en la medida que la playa se aleja de la ubicación de la cañería de descarga, aumenta hasta alcanzar los 3,0 m mínimos requeridos por el diseño.
Posición Laguna de aguas de claras	Alejada de los muros, en la cola del embalse y equidistante de los muros	Bien controlado operacionalmente durante el período, se considera normal que durante la operación de este tipo de instalaciones, por cortos periodos de tiempo se formen lagunas parásitas de baja profundidad y que se apoyan contra los muros, principalmente al inicio de la operación de algún punto de descarga, lo que no presenta compromiso de la seguridad de las instalaciones, dado que por ser superficiales no generan gradiente hidráulico hacia aguas abajo de los muros, siendo de muy corta duración (solo un par de días);
Diseño Sísmico	Análisis de estabilidad dinámica utilizando acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble (SMC).	Debe actualizarse el análisis de estabilidad dinámico, una vez finalizados los ensayos de laboratorio en el MNO y BS (pendiente);
Lluvia de diseño para obras durante la operación	Lluvia con periodo de retorno correspondiente al máximo probable, para peak de crecida y para volúmenes de crecidas	Verificado para un evento de PMP con una duración de 3 días, estimado mediante el método de Stowhas, donde la PMP_{24h}= 444 mm, y la PMP_{3d} = 809 mm, valores que se consideran conservadores, y con holgura para precipitaciones de 24h T_{50}, T_{100} y T_{200}
Recuperación de Agua	Máxima recuperación de agua en el depósito	La máxima recuperación se implementa, previo al / durante el periodo de precipitaciones (abril - septiembre).

8.2. Modos de Falla

Se define como falla de un depósito a la descarga súbita y sin control de parte del material depositado. Normalmente esta falla podría estar acompañada de una prolongada suspensión de la capacidad de operación del depósito y por consiguiente de la explotación minera.

Se deja establecido que, si bien la lista de tipos de falla que se detallan en la Tabla 8-2 es extensa, todos los modos de falla son hipotéticos. En principio el overtopping, sería un modo de falla para la TMF en estudio, sin embargo, los análisis desarrollados durante el periodo pasado, respecto de la capacidad de almacenamiento de la CMP, para distintos periodos de retorno han demostrado que los volúmenes de crecida pueden ser almacenados sin riesgo de overtopping, por lo tanto es un modo de falla no creíble.

Adicionalmente, los últimos análisis han demostrado que para la TMF no es creíble la falla por erosión interna producto de la acumulación de agua cuando ocurra la CMP solamente y que eventualmente quedaría en contacto con la parte superior de los muros MN, MNO y MO (no impermeabilizados).

Wood comprende y respalda plenamente el objetivo de largo plazo de Teck para todas sus instalaciones de relaves, es que cada TMF alcance el estado *landform*[7], con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles. Wood actualmente considera cada uno de los muros del embalse de relaves de Carmen de Andacollo como estructuras *landform* dada su geometría y forma de construcción. Los trabajos actualmente en desarrollo enfocados hacia el objetivo de largo plazo, indicarán durante los períodos de los próximos informes ATFI anuales, si se ha logrado mantener el estado general *landform*, junto con la eliminación de cualquier preocupación de falla creíble que contemple el vertimiento de fluidos hacia el exterior de la TMF.

El objetivo a largo plazo de Teck tanto para el depósito de relaves Teck Carmen de Andacollo, como para todas las instalaciones de relaves de Teck que no sean capaces de alcanzar el estado *landform*, es que todos los modos de falla potenciales no sean creíbles basados en las condiciones de carga para producir la máxima consecuencia. Por otro lado, Teck también está evaluando otras estrategias de reducción de riesgos de largo plazo, tales como el tratamiento de relaves, que disminuirían la capacidad de almacenamiento requerida en la TMF.

A continuación, se hace un chequeo para el periodo, de los modos de falla detallados en el taller de “Análisis de Riesgos del Depósito de Relaves” (Hazop), documento # E40165-840-TR-R-005_R0, que se llevó a cabo en La Serena, los días 5 y 6 de Julio del año 2017.

La actualización del taller de riesgos, que estaba contemplada para el Q2 del año 2020, se postergó dada la contingencia COVID 19, para el Q2 del año 2021.

[7] Estructura que se asimila a una forma de relieve natural.

Tabla 8-2: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (1 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
CUBETA	**Overtopping**	En Muros Sur y MO (S): descarga hacia la cuenca del Limarí / Inestabilidad de los muros / Destrucción de la planta / Pérdida de vidas humanas / Destrucción de bienes	Controlado mediante la revancha operacional;
	Volumen excedido, entra en contacto con muros	Incremento filtraciones de los muros / Piping	Lagunas parásitas apoyadas contra los muros impermeabilizados del sector Sur del embalse, en distintos periodos del año. Controlado operacionalmente durante el período para los muros de los sectores Norte y Centro de la TMF;
	Filtraciones por la fundación	Contaminación de la napa subterránea / Filtración de agua y relaves hacia aguas abajo	Existen indicios los cuales apuntan a que hay una condición de mezcla de aguas (naturales + industriales) en las filtraciones del sector norte del embalse de relaves, principalmente. Lo anterior está en proceso de estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital, actualmente en desarrollo por WSP;
MN, MNO, MO, MP	**Falla de los taludes AArriba**	Deterioro de la estructura del muro / Pérdida de la resistencia global del muro	NO se aprecian grietas superficiales del relleno de transición durante la visita;
	Inestabilidad de los taludes AAbajo	Daño a instalaciones agua abajo.	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;
	Erosión del talud AArriba	Deterioro de la capa de transición y del estéril	En general los taludes aguas arriba, NO presentan erosión por escorrentía superficial, ni por operación de las descargas de relaves;
	Deformación excesiva de los muros	Agrietamiento transición / Reducción del espesor efectivo / Mal aspecto de los taludes / Pérdida de la funcionabilidad	Las principales deformaciones se refieren a los asentamientos propios de la consolidación de los rellenos, los que a la fecha no indican compromiso de las estructuras;
	Falla de la Fundación / Falla de la pared sur del rajo / Piping	Deslizamiento o grietas en los taludes / Asentamientos mayores a diseño / Desplazamiento del muro MNO / Formación de sink hole / Pérdida de Relaves / Lavado de Finos	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el período;

Tabla 8-3: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (2 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
MO(S), MS	**Filtración por el muro**	Infiltraciones en la pata del talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Deformación excesiva de los muros	Rotura membrana	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Filtración por la fundación	Contaminación de la napa subterránea	Posterior a la vista a terreno, se informó respecto de un reclamo de la comunidad dada la existencia de afloramientos de agua hacia aguas abajo del MO(S), se debe analizar en detalle de manera de descartar que se trate de agua proveniente del depósito de relaves;
	Inestabilidad talud aguas arriba	Rotura Membrana / Afectación de la Zona de Transición, causando grietas y comprometiendo la Estabilidad del Embalse / Pérdida capacidad estructural	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Inestabilidad talud aguas abajo	Daño a instalaciones (futuras) / Alarma en la comunidad	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Rotura de la membrana	Filtraciones	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante la visita;
SISTEMA DE DRENAJE BASAL DE LOS MUROS	**Inestabilidad de taludes**	Incremento de filtraciones por el talud aguas abajo / Laguna en contacto con muro no impermeabilizado / levantamiento del nivel freático / Pérdida de la capacidad de drenar	No se aprecia evidencia de este tipo de falla, durante el período;
BS	**Deformación excesiva del enrocado**	Agrietamientos de la transición	No se aprecia evidencia de este tipo de falla;
	Piping	Formación de sink hole.	Sin evidencia de la presencia de sinkholes, en la estructura contenedora;
	Falla de la fundación aguas abajo	Falla del talud aguas abajo / Posible destrucción de instalaciones	No se detectan indicios de este tipo de falla durante el periodo;

Tabla 8-4: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (3 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
SISTEMA DE RECUPERACIÓN	**Estabilidad trinchera**	Suspensión de la operación / Daño en las instalaciones de recuperación	Se aprecia que los bancos de contención han recibido la roca meteorizada desprendida desde los taludes, protegiendo a las persona y las instalaciones;
	Rotura cañería	Erosión en la zona de la falla de la cañería / Suspensión recuperación de agua.	Sin eventos de rotura de la cañería de agua recuperada durante el periodo;
	Suspensión energía	Suspensión recuperación de agua / Crecimiento de la laguna	Sin eventos de suspensión de energía durante el periodo;
	Calidad del agua no es adecuada para la operación	Detención del sistema de recuperación	A fines del mes de mayo, se detecta que el agua de la laguna de aguas claras, presentó pH 5. Este fenómeno no se ha vuelto a verificar durante el periodo y está a actualmente en estudio;
	Laguna de aguas claras desplazada	Suspensión operación sistema de recuperación	A partir del Q4 del año 2020, la laguna de aguas claras a reducido su tamaño de manera sistemática, presentando desplazamientos hacia el norte / sur, lo que ha podido controlarse operacionalmente a través del plan de llenado de relaves, lo que hasta la fecha no ha impedido la normal operación del sistema de recuperación;
	Exceso relaves en el agua	Deterioro bombas	A partir del Q4 del año 2020, la laguna de aguas claras a reducido su tamaño de manera sistemática, presentando baja profundidad en la trinchera de agua recuperada, lo que hasta la fecha no ha impedido la normal operación del sistema de recuperación;

Tabla 8-5: Chequeo del Estatus de los Tipos de Falla durante el período 2020 (4 de 4) (ref. HAZOP 2017 AmecFW).

ELEMENTO	TIPO DE FALLA	EFECTOS	CHEQUEO DE LA CONDICIÓN
SISTEMA DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE RELAVES	**Rotura cañería**	Erosión rellenos transición y estéril del muro	Se ha verificado perdida de sello en algunos flanches de la línea de distribución de relaves, produciendo derrames de relaves menores, sin requerir reparación;
	Embanque cañería de relaves	Suspensión de transporte de relaves	Sin eventos de embanque durante el periodo;
	Suspensión de energía	Descarga de relaves suspendida	Sin eventos de suspensión de energía durante el período;
	Falla tanque de Distribución TK-42	Descarga de relaves suspendida	Sin eventos de falla del TK-042 durante el periodo;
	Deformación del terreno a lo largo del trazado	Suspensión temporal de descarga por ramal	Sin evidencia de este tipo de falla durante el periodo;
CERROS NATURALES	**Erosión / deslizamientos masivos**	Eventual impacto en infraestructura	Sin eventos durante el período;
	Filtraciones	Contaminación de la napa subterránea al exterior	En proceso de Estudio a través del Modelo Hidrogeológico Distrital;
		Interrupción del sistema de recuperación de agua	
		Reducción de la revancha	
SISTEMA DE DESVIO DE CONSTRUCCIÓN	**Rotura, deterioro tubería**	Flujo de agua y relaves hacia aguas abajo, sector El Churque	Sin eventos durante el período;
COMUNIDAD	**Accidente de personal extraño**	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el período;
MEDIO AMBIENTE	**Estéril ARD / Tailings ARD**	Acidificación del agua	No existe evidencia concluyente respecto del ARD, en desarrollo pruebas estáticas y dinámicas con las muestras extraídas de la campaña de sondajes; se recomienda actualizar el estudio de drenaje ácido el año 2021;
	Paralización por orden de la autoridad	Suspensión de la operación	Sin eventos durante el período;
	Presencia de animales en el área del depósito	Puede requerir suspensión de la descarga de relaves / Contenido de metales en el agua	Sin eventos durante el período. Finalizada la construcción de refuerzo del cierre perimetral, de manera de evitar el acceso de animales al área de la cubeta;
	Generación de polvo por viento en las playas	El polvo afecta zonas externas e internas al proyecto	Sin eventos durante el periodo.

En opinión de Wood, al momento de escribir el presente informe no existen modos de falla catastróficos que puedan impactar la integridad de la instalación de relaves de Teck CdA, causando la pérdida de agua y/o relaves hacia aguas abajo de la TMF.

8.3. Peligros – Medidas de Diseño / Control

8.3.1. Estabilidad física

La estabilidad física del depósito se basa en la calidad (naturaleza) de los materiales que conforman los muros o estructuras soportantes, junto con la geometría de estas. En este caso el material predominante de estas estructuras es enrocado estéril proveniente de la mina. Este material presenta excelentes propiedades resistentes y permeables que lo hacen un material seguro. Como elemento de control a la migración del relave a través del enrocado estéril el diseño incluye la colocación en la cara de aguas arriba (talud interno) de un suelo de granulometría medio fino denominado relleno de transición. Junto con esta medida el diseño contempla que la laguna de aguas claras se ubique alejada de los muros en condición operacional normal, con playas de relaves extensas apoyadas sobre los mismos.

Las características del suelo de fundación fueron investigadas durante la etapa de proyecto. En general el material de fundación es un suelo típico del área suelo superficial y roca en profundidad, más bien granular con presencia de estratos de características geotécnicas medias, lo que fue considerado por el diseño. Salvo el caso del MNO, del BS y del MO, en donde la roca basal se encontró en sectores puntuales hasta 15 m. bajo el nivel de terreno natural, en general la cobertura de suelo sobre la roca basal es mínima: de hasta 1,0 m para los MO(S), MS y MP.

Durante la operación del depósito un aspecto habitual en los muros y estructuras soportantes ha sido la aparición de agrietamientos en las bermas y taludes aguas arriba construidos con relleno de transición, las cuales son monitoreadas por Wood en cuanto a su actividad y posteriormente reparadas según requerimiento.

A juicio de Wood estas grietas son consustanciales al diseño pues derivan de la colocación de una capa de material cohesivo compactado (relleno de transición) sobre un relleno granular de densidad media (relleno masivo). Estos materiales presentan distintos módulos de deformación (elasticidad / plasticidad). A lo anterior se agrega que hasta la E3, la construcción del muro estaba en general muy adelantada con respecto al nivel del relave generando amplias revanchas, lo que favorece la deformación del muro / estructura soportante por acción del llenado con relave (aguas arriba) transmitiéndose a la capa de transición y / o por acción de la construcción del Relleno Masivo (hacia aguas abajo).

Se deja establecido que durante la presente inspección, a diferencia de los años anteriores, no se constató la presencia de agrietamientos en el relleno de transición. Se identifican dos (2) factores que pueden estar contribuyendo para la ausencia de grietas:

- Los rellenos de Transición correspondientes a la E4 de crecimiento diferido, son relativamente nuevos en los muros sin impermeabilizar de los sectores norte y

centro del Embalse, ya que han sido construidos con no más de un año desfase respecto de su puesta en operación; y

- Dada la suspensión de la construcción de la Etapa 4 del relleno transición, la altura de los rellenos expuestos en los muros MNO, BS y MO no alcanzan al coronamiento de la E4 de crecimiento diferido, es decir presentan una revancha operacional menor a los 13 m, ver Figura 2-14 y Tabla 2-2.

Ambos factores mencionados, constituyen un cambio respeto de la construcción de las etapas E2 y E3, en donde el relleno de transición permanecía expuesto hasta 3 años desde su construcción hasta su puesta en servicio, y con revanchas de hasta 30 m de altura libre en algunos casos.

Debido al fenómeno de agrietamientos, se requiere mantener un monitoreo periódico del movimiento en la superficie de la capa de transición, según lo implementado durante el periodo a través de los prismas distribuidos, de manera de poder identificar desplazamientos que sean precursores de la aparición de agrietamientos y hacer las reparaciones, en la medida que estas discontinuidades superficiales lo vayan requiriendo. Sin embargo, ante la eventualidad que alguna grieta atravesase todo el relleno de transición y/o no pueda ser reparada antes de queda cubierta por los relaves, es fundamentar mantener la laguna de aguas claras (y en general el agua) alejada de los muros, principalmente de aquellos muros que no cuenten con impermeabilización con liner (sector centro norte del embalse de relaves).

Todos los muros tienen un sistema de drenaje (salvo la estructura denominada Botadero Sur) y un sistema de monitoreo piezométrico. Esta característica del diseño junto a la predominancia del enrocado estéril, aseguran el control del agua de infiltración y la evacuación controlada de forma de no generar altas presiones de poros que podrían reducir la capacidad resistente del material.

La construcción de los muros y obras asociadas tienen un control de calidad y aseguramiento, que velan por el cumplimiento de planos y especificaciones; además de registrar los ajustes y modificaciones que se realizan con la aprobación del Ingeniero de Registro.

En opinión de Wood, estas características del diseño junto al control de la construcción y de la operación, además del monitoreo permanente del comportamiento permiten minimizar el nivel de riesgo a niveles aceptables, ante cualquier peligro de estabilidad en estas estructuras.

Del mismo modo, en opinión de Wood, al momento de escribir el presente informe la TMF no presenta modos de falla creíbles que puedan causar la pérdida catastrófica de agua y/o relaves hacia aguas abajo del embalse de relaves Teck CdA.

8.3.1.1. Sismos Relevantes Históricos Durante la Operación de la TMF

El diseño sísmico de la TMF consideró un análisis de estabilidad dinámica, utilizando el acelerograma correspondiente al sismo máximo creíble. El estudio de riesgo sísmico

que respalda el diseño corresponde al documento # SS-06091: *"Estudio de Riesgo Sísmico y Generación de Registros Artificiales para el Depósito de Relaves Proyecto Carmen de Andacollo", S y S Ingenieros Consultores, de fecha diciembre 2006*.

A contar del 19 de diciembre del año 2015, fecha en que entra en vigor el Decreto 50 de la DGA (MOP), la normativa chilena exige que para un Embalse categoría C *"se desarrolle un estudio sismológico específico para la zona de aspectos determinísticos y probabilísticos, para obtener el sismo máximo creíble y el sismo de diseño, respectivamente y la correspondiente aceleración horizontal del suelo y, además, aplicar acelerogramas de sismos chilenos de una magnitud de al menos M_S= 8,5"*.

El mismo decreto define el sismo máximo creíble: *"Corresponde al sismo de mayor magnitud que podría ocurrir en un sitio, producto de la existencia de alguna falla reconocida o por ubicarse dentro de una determinada marco tectónico. Este sismo es el que produce el máximo nivel de movimiento en el suelo, para el cual una obra será diseñada o evaluada. Con este sismo las presas no deberán experimentar un colapso repentino ni un desembalse descontrolado, pero se aceptan daños tolerables en sus muros y obras anexas"*.

En tanto, el sismo de diseño lo define como: "*Corresponde al sismo que produce movimientos en el lugar de emplazamiento de alguna obra que razonablemente se espera ocurra dentro de su vida útil. Su periodo de retorno no será inferior a 475 años. Con este sismo las presas y sus obras anexas podrán experimentar daños menores, pero sin afectar su operación*"

En función de lo anterior, y como parte de las actividades relacionadas con la actualización del diseño, se encargó a S y S Ingenieros Consultores un nuevo estudio de riesgo sísmico, para las instalaciones de Teck CdA y que contemplara los terremotos recientes del Maule 2010, 8,8 (Mw); Iquique 2014, 8,2 (Mw); Illapel 2015, 8,3 (Mw). Los resultados se presentan en el documento # SS-14128-01e: "Estudio Riesgo Sísmico y Generación de Acelerogramas Artificiales para el Depósito de Relaves del Proyecto Carmen de Andacollo", de fecha enero de 2016.

A continuación se resumen los parámetros de los terremotos diseño Máximo Creíble y diseño Operacional (2016) para el sitio del depósito de relaves Teck Carmen de Andacollo:

Tabla 8-6: Parámetros de los terremotos MC y Op para el sitio del depósito de relaves Teck CdA (ref. S y S, 2016).

Sismo	Magnitud	Máxima Acel. Horizontal en el sitio	Distancias		
			Focal (H)	Epicentral (D)	Hipocentral (R)
	[Mw]	[g]	[km]		
Estudio Riesgo Símico 2016 (actualización del diseño)					
Thrust MC	8,8	1,000	40	63,5	75
Intrapalaca MC	8,0	1,040	90	0	90
Thrust Op	8,3	0,620	35	48,7	60
Intrapalaca Op	7,4	0,580	80	0	80
Sismos Relevantes					
16S.2015	8,3	0,4533	22,4	155	157
19E.2019	6,7	0,4964	63	37	73

El día 16 de septiembre de 2015 a las 19:54 h los muros de la TMF soportaron un sismo interplaca subductivo de magnitud 8,3(Mw), con epicentro frente a las costas de la Región de Coquimbo, a 37 km al suroeste de la localidad de Canela Baja, coordenadas epicentrales 71,741°W y 31,637°S a una profundidad focal de 22,4 km, según reporta actualmente el USGC (Servicio Geológico de los EEUU).

Respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia epicentral de 155 km aproximadamente, hacia el sur - poniente, la magnitud del sismo indujo una aceleración de 0,4533 g (45% de la aceleración máxima inducida en el sitio por el sismo Máximo Creíble, 2016), según el registro del acelerógrafo ubicado en el edifico de molienda, para monitoreo del molino SAG (ver Figura 8-1). Durante este sismo se generaron grietas en una de las bermas de la capa de transición del Muro Nororiente. A raíz de este evento se generó un informe técnico (documento # E40071-840-TR-006: “Agrietamiento en el Muro Nororiente”) de evaluación que analizó el comportamiento de los muros y particularmente el agrietamiento del Muro Nororiente.

El día 19 de enero de 2019 a las 22:32 h los muros de la TMF soportaron un sismo interplaca subductivo de magnitud 6,7 (Mw), con epicentro en la costa de la Región de Coquimbo, a 13 km al este de la localidad de Tongoy, con coordenadas epicentrales 71,364°W y 30,276°S a una profundidad focal de 63,0 km, según reporta actualmente el USGC.

Respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia de 37 km aproximadamente, hacia el sur-poniente, la magnitud del sismo indujo una aceleración de 0,4964 g (50% de la aceleración máxima inducida en el sitio por el sismo Máximo Creíble, 2016), según el registro del acelerógrafo ubicado en el edifico de molienda, para monitoreo del molino SAG (ver figura 8-2). Durante este sismo se generaron grietas en la plataforma El. 1.149,5 msnm (coronamiento E3) tanto en el MNO como en el BS, además de las ya mencionadas en el relleno de transición sin compactar que se colocó con fines geométricos en los muros MS y MN, en la plataforma de coronamiento de la E4.

A continuación se presentan las principales características de los terremotos ya mencionados (Tabla 8-7) así como los registros del acelerógrafo instalado en el molino SAG y adicionalmente para el terremoto del año 2019, el registro del acelerógrafo instalado aguas abajo del MNO, en el sector denominado “El Churque” y que al momento del terremoto del año 2015, arrojó valores físicamente no creíbles en uno de sus ejes horizontales, por lo que no se muestran en el presente informe.

Tabla 8-7: Parámetros de los sismos relevantes (ref. USCG y sismógrafo SAG).

Sismo	Magnitud	Máxima Acel. Horizontal en el sitio	Distancias		
			Focal (H)	Epicentral (D)	Hipocentral (R)
	[Mw]	[g]	[km]		
Sismos Relevantes					
16S.2015	8,3	0,4533	22,4	155	157
19E.2019	6,7	0,4964	63	37	73

Tabla 8-8: Relación de aceleraciones horizontales máximas en el sitio para sismos relevantes vs sismos interplaca de diseño.

Sismos	16S.2015	19E.2019
	[%]	
Thrust MC (2016)	45	50
Thrust Op (2016)	73	80

Figura 8-1: Registro sismo 16S.2015 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA)

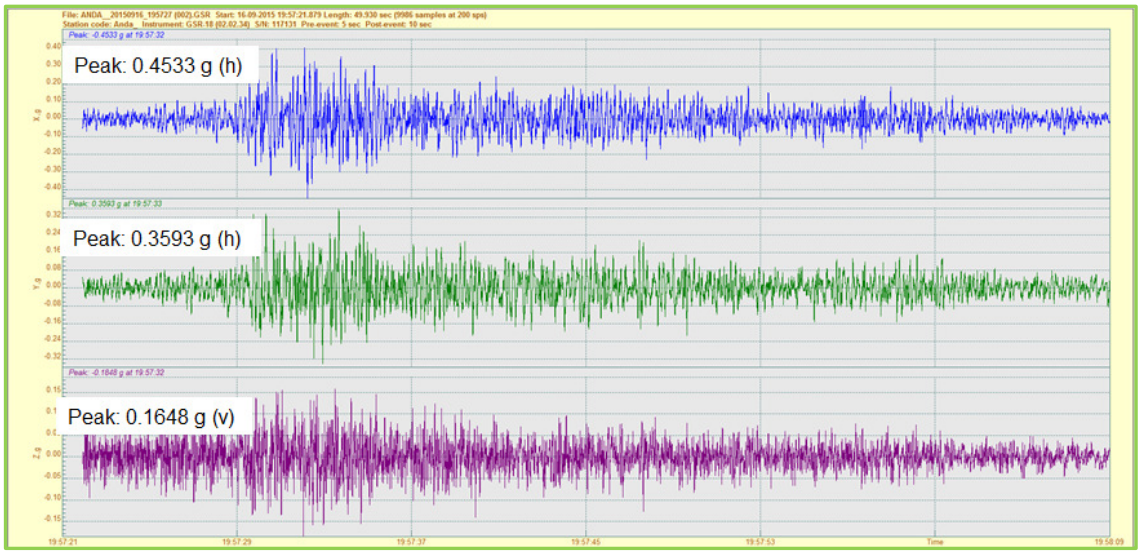


Figura 8-2: Registro sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo SAG, Teck CdA)

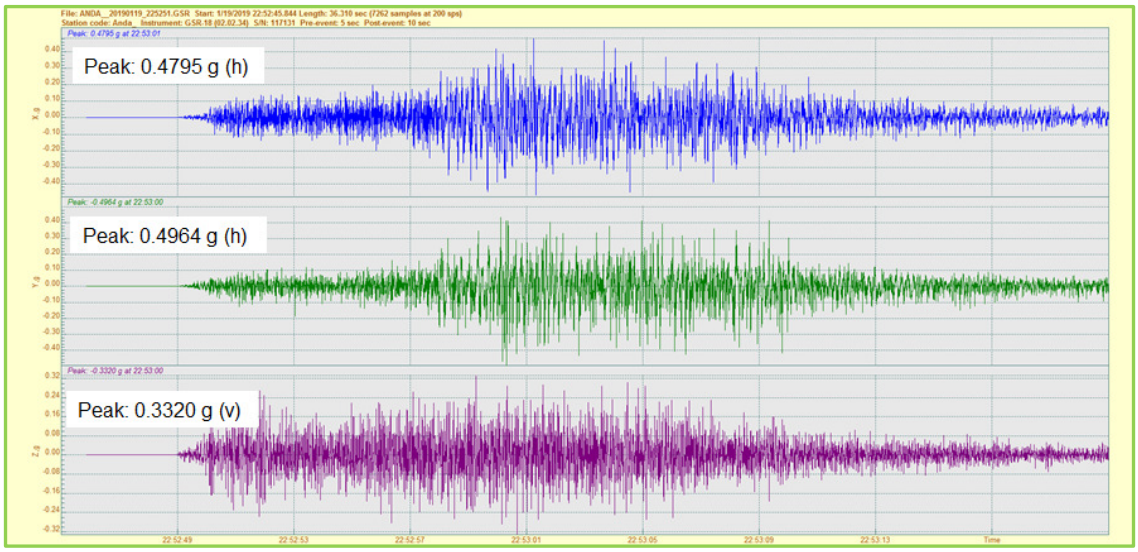
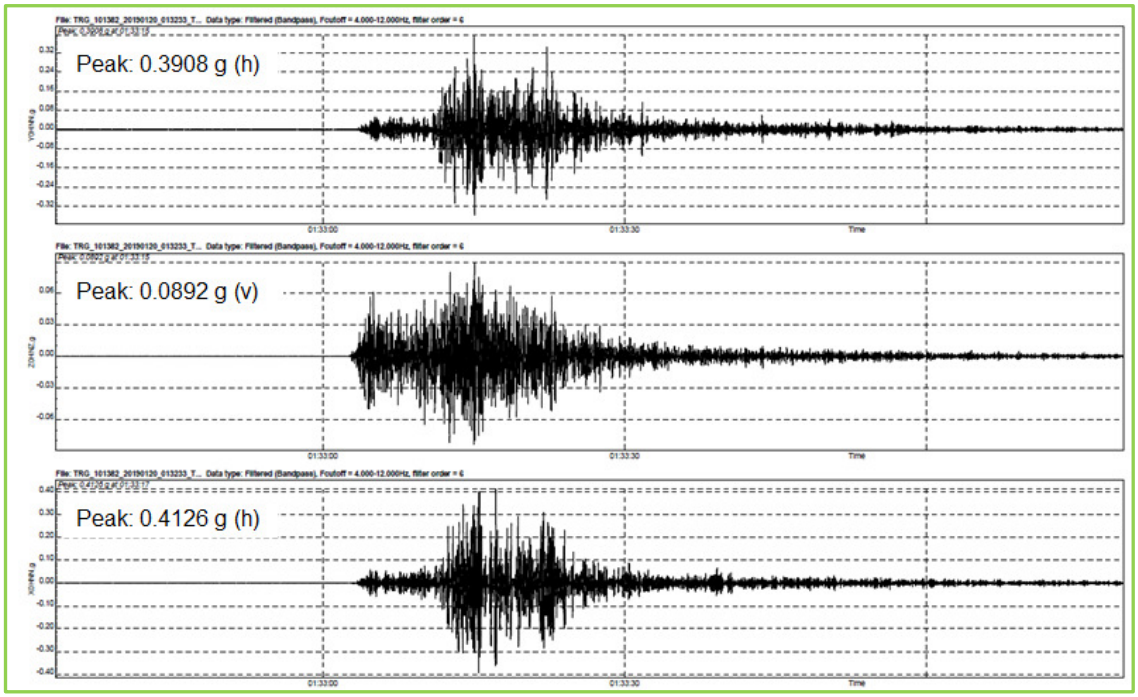


Figura 8-3: Registro sismo 19E.2019 (ref. Acelerógrafo MNO, GeoMediciones)



Respecto de la diferencia que se aprecia en el registro del sismo 19E. 2019, en los acelerógrafos del molino SAG y del muro MNO, está diferencia se puede asociar con la amplificación a través de la estructura del edificio de molienda, respecto de la condición del acelerógrafo aguas abajo del muro MNO, el que se encuentra instalado sobre el terreno natural.

Ambos sismos mencionados inducen en el sitio una máxima aceleración horizontal similar, por lo que es esperable que sus efectos en el sitios se manifiesten también de

manera similar, lo anterior queda ratificado tanto por los agrietamientos superficiales de las plataformas ya mencionados, como en el orden de magnitud de los asentamientos registrados en los monolitos para control de asentamientos post sismo, los que en ambos casos fueron del orden del 0,01 % de la altura total del relleno. Wood considera satisfactorio el comportamiento de la TMF durante ambos terremotos y de acuerdo con lo esperado según el diseño.

8.3.1.2. Sismos Relevantes año 2020

El día 05 de septiembre de 2020, a las 21:16 h la TMF soportó un sismo interplaca subductivo de mediana intensidad, magnitud 6,3 (Mw), cuyo epicentro se ubicó en la Región de Coquimbo, a 12 km al sur oriente de la localidad de Tongoy, con coordenadas 71,491 °W y 30,339 °S, y una profundidad focal de 30,0 km (según USGC), respecto de la TMF, el epicentro se ubicó a una distancia de 34 km aproximadamente hacia el sur poniente. No se dispone del registro de aceleraciones en el sitio, dado que el acelerógrafo del SAG se encontraba desconectado por seteo, y el acelerógrafo de El Churque aguas abajo del MNO, se encontraba fuera de servicio por mantenimiento del sistema de alimentación eléctrico, la condición del SAG se encuentra subsanada al momento de escribir el presente informe.

Respecto del sismógrafo de El Churque, al momento de escribir el presente informe, el instrumento se encuentra debidamente energizado. Se recomienda retomar las inspecciones semestrales del proveedor GeoMediciones, de manera de dar continuidad a la mantención de la instrumentación del proyecto.

De acuerdo al manual OMS, las características del sismo requieren la realización de una inspección detallada post evento, durante la cual se detecta el deslizamiento de la cañería de distribución de relaves sobre la cara impermeabilizada del talud interno del muro sur (ver capítulo 8.5.2.2).

Se deja establecido que el sismo no generó condiciones que comprometieran la estabilidad física del depósito de relaves, lo que se considera un comportamiento satisfactorio de la TMF y de acuerdo a lo esperado según el diseño.

8.3.2. Manejo de Agua Producto de Eventos Extremos

El manejo del agua superficial es otro aspecto clave en la seguridad / estabilidad de un depósito. Un diseño típico incluye un evacuador de crecidas para descargar las aguas en exceso de la laguna de operación y/o evitar que la laguna entre en contacto de largo plazo con el muro. El depósito de Teck - CdA no tiene un evacuador ni su diseño lo contempla para el período de operación, aunque si lo considera para la etapa de Cierre. La explicación de esto se basa en la baja pluviometría del área, la reducida cuenca aportante, la ubicación relativa de la laguna en un punto alejado de los muros y las revanchas existentes. Como respaldo a este diseño se han actualizado al año 2019 los estudios para la CMP (ver capítulo 3.2), el que analiza precipitaciones de 3 días de duración. Los resultados de dicho análisis muestran que:

- La CMP ocasionado por un evento de Precipitación Máxima Probable (PMP) de 3 días para las etapas de crecimiento E4, E5 y E6, por el método de Stowhas corresponde a 3,7 Mm^3, 4,0 Mm^3 y 3,7 Mm^3 respectivamente, se deja establecido que Wood considera que estos valores son conservadores;

- De acuerdo con el Plan de Llenado actualizado al 2019, se determinó que respetando la revancha de 3 m, el embalse de relaves de Teck-CdA es capaz de contener, para las etapas de crecimiento E4, E5 y E6, un evento de PMP con una duración de 3 días estimada por los métodos de Stowhas (método con base estadísticas de Chile);

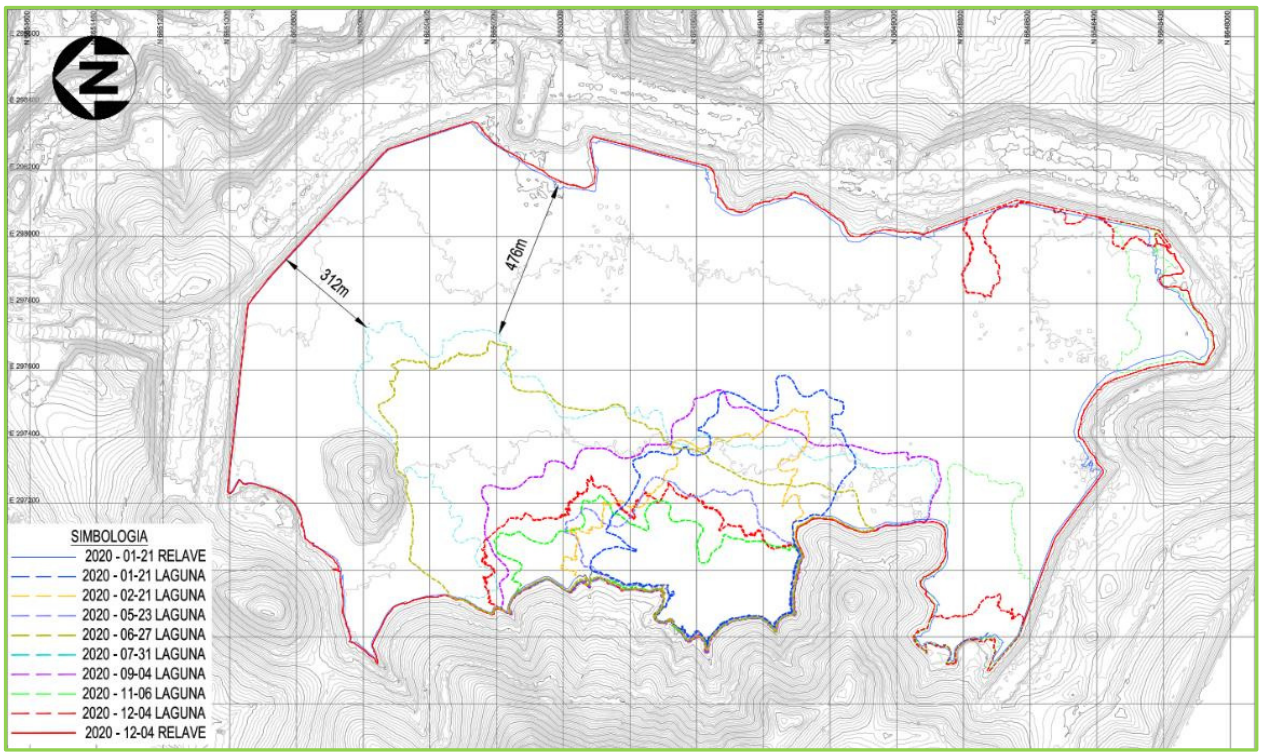
- Para almacenar de manera segura la CMP calculado durante un tiempo de un par de meses, se deben implementar ajustes al plan de llenado, que permitan alejar la laguna de aguas claras de un punto en el MN, otro en el MNO y otro en el MO. Estas nuevas condiciones de borde deberán están incorporadas en la actualización del plan de llenado 2019, agregándose descargas adicionales;

- Para almacenar de manera segura la CMP calculado, se deben impermeabilizar completa la cara aguas arriba del MP, ya que en todas las etapas la laguna de aguas claras con crecida se apoyaría completamente contra dicha estructura; y

- A modo de chequeo, el GRB.2018 recomendó estudiar la capacidad de almacenamiento que tienen las instalaciones para tormentas de 24h de duración y periodos de retorno T_{50}, T_{100} y T_{200}, eventos que el comité considera son más probables que ocurran durante la operación de las instalaciones. En todos los casos detallados, los muros quedan separados de la laguna producto de la crecida por extensas playas de relaves, salvo el caso del MP, lo que ratifica la necesidad de impermeabilizarlo.

Par el año 2020, la máxima precipitación diaria se verificó el día 29 de junio y fue de 27,3 mm, la segunda máxima precipitación diaria registró 18,5 mm el día 17 de junio. En ambos casos la laguna de aguas claras producto de la crecida se mantuvo a más de 300 m de los muros no impermeabilizados del sector norte del embalse, ver Figura 8-4).

Figura 8-4: Desarrollo de la Laguna de Aguas Claras durante el Año 2020 (ref. presentación Desempeño 2020, GRB 2021, Wood).



8.3.3. Manual de Operación

El manual OMS es el documento que reúne las acciones a tomar en la operación normal y ante emergencias de forma de operar según las guías y criterios del diseño. A continuación, se indican los aspectos más relevantes que tienen que ver con la seguridad de la TMF y que son parte del manual:

- Plan de depositación y manejo de laguna;
- Etapas de crecimiento de las obras principales; y
- Plan de monitoreo de aguas y relaves.

El actual manual OMS revisión 4 de fecha 30 de abril de 2018, se aplica satisfactoriamente hasta el término de la operación de la Etapa 3 de crecimiento diferido.

Se encuentra en desarrollo la revisión 5 del manual que aborde la operación de la Etapa 4 de crecimiento diferido, con especial énfasis en el monitoreo de agua y relaves, y se tiene prevista emisión para el Q2 del año 2021, ya que no pudo completarse durante el periodo debido a la contingencia COVID 19.

8.3.4. Revisión de la clasificación de la instalación de relaves (según DGA)

Al momento de escribir el presente reporte, la estructura contenedora más alta de la TMF corresponde al MNO con 109,50 m de alto y el volumen acumulado al 31 de diciembre de 2020 es 109,81 Mm^3. De acuerdo con estas características la clasificación de este depósito, según la regulación de la DGA (ver punto 1.3) es Categoría C (muro mayor a 30 m de altura y/o almacenamiento superior a 60 Mm^3).

8.4. Comportamiento físico

8.4.1. Geotécnico

El comportamiento geotécnico del área del depósito se considera satisfactorio.

El estéril de mina para la construcción del relleno masivo ha variado sus características desde el rockfill de gran tamaño hasta una grava o una grava arenosa. En una primera aproximación, este cambio en la gradación del relleno masivo, se debería traducir en una mejor compactación de los rellenos, sin embargo, se requiere de una campaña de ensayos de terreno / laboratorio para estimar las reales propiedades de este relleno. La campaña estaba contemplada para realizarse el año 2020, con muestras recuperadas desde los testigos extraídos durante la campaña de sondajes del año 2018, sin embargo se vio pospuesta por la contingencia COVID 19, reprogramándose su realización para el año 2021.

El estéril de mina disponible para la construcción del relleno de transición de la E4, se aprecia consistentemente con un contenido de finos mayor que el utilizado durante la construcción de la etapa 3, así como y tamaño máximo es consistentemente menor, comparado con las Etapas anteriores, sin embargo, el material cumple con la especificación de construcción vigente.

Se monitoreará de cerca la explotación de los acopios durante la construcción, de manera de adelantarse a cualquier cambio significativo y permanente en las características geotécnicas del material disponible. Al momento de escribir el presente informe están en desarrollo ensayos triaxiales en el laboratorio Idiem de la Universidad de Chile, con muestras extraídas desde el acopio destinado para la construcción de la Etapa 4 del muro Poniente.

Tal como se señala en el punto 8.3.1 precedente, los agrietamientos que se han presentado anteriormente y que no se constatan en el sitio durante la visita a terreno realizada el 25 de enero, son consustanciales al diseño pues derivan de la colocación de una capa de material cohesivo compactado sobre un relleno granular de densidad media o sin compactación (como es el caso del relleno del Botadero Sur). Estas grietas no alcanzan a travesar el espesor completo del relleno de transición y por ende no se pierde la continuidad de la capa. Tampoco se detecta un riesgo de inestabilidad local o global. La estabilidad general de los muros no está en riesgo, aunque se debe mantener el monitoreo y vigilancia intensivos sobre la TMF, de modo de detectar algún cambio de esta condición, en las etapas de crecimiento y operación futuras.

La presencia de grietas requiere un monitoreo topográfico periódico para controlar y analizar el movimiento tanto del muro, como de la capa de transición, durante la operación del depósito, para lo cual la estación total robotizada y la disponibilidad en tiempo real de los datos por ella medidos, cobran gran relevancia.

Asimismo, se ha continuado durante el periodo con los trabajos de sellado con arena de las grietas en los taludes de la capa de transición, a modo de prevenir la infiltración de relaves una vez la playa cubra la grieta y además evitar así el aumento de tamaño del agrietamiento que se podría producir durante la temporada de lluvias, por la erosión producto de la escorrentía superficial.

8.4.2. Hidráulico

8.4.2.1. Muro MNO

En la actualidad se han mantenido los flujos en el sistema colector de filtraciones del MNO, los que luego de las mejoras desarrolladas a inicios 2018, presentan una mayor confiabilidad respecto de su captación, colección y aforo. Se estima que el rango de error actualmente por aforador de ± 0,4 L/s, lo que comparados con los ± 1,5 L/s de las mediciones anteriores, indirectas y/o con reglas limnimétricas corroídas, se consideran una mejora sustancial desde el punto de vista del monitoreo y vigilancia de las instalaciones.

8.4.2.2. Muro MO

Durante el año 2016 se comenzó a reportar un flujo menor de agua en el cajón aguas abajo del muro Oriente, cuya cañería de HDPE, protegida mediante dado de hormigón armado H-30, pasa por debajo de una pila ROM. Respecto a este punto, se deja establecido que al momento de la vista la cañería de descarga estaba seca y el piezómetro de cuerda vibrante PE-009A, instalado en la fundación del MO que desde el Q4 del año 2015 presentaba una tendencia leve pero consistente al aumento del nivel freático (ver Figura 4-36, Figura 4-37 y Figura 4-39), a mediados de 2018 detiene esta tendencia.

8.4.2.3. Muro MN

Se mantiene la presencia de un flujo de agua en el aforador del MN (denominado AFR – MN) y en un punto a una distancia de 80 m hacia aguas abajo del pie del MN (denominado AFL-MN), en donde el agua aflora directamente desde el suelo natural. Ambos flujos de agua presentan actividad cada vez que se opera desde las descargas de relaves D2 / D3, instaladas en el MN hacia el estribo poniente / oriente respectivamente y, por otro lado, solo el punto AFL-MN presenta actividad luego de cada evento de precipitaciones.

Al momento de la visita ambos puntos de control presentaban flujo, ya que las descargas D2 / D3, operaron durante el mes de septiembre de 2020, aunque mostrando un descenso sostenido del caudal aforado, desde mediados de Octubre del presente. Se deja establecido que, a diferencia del año pasado, durante el periodo no se ha

descargado agua de manera controlada a la TMF desde el sector de la descarga D3, ni tampoco desde ningún otro sector.

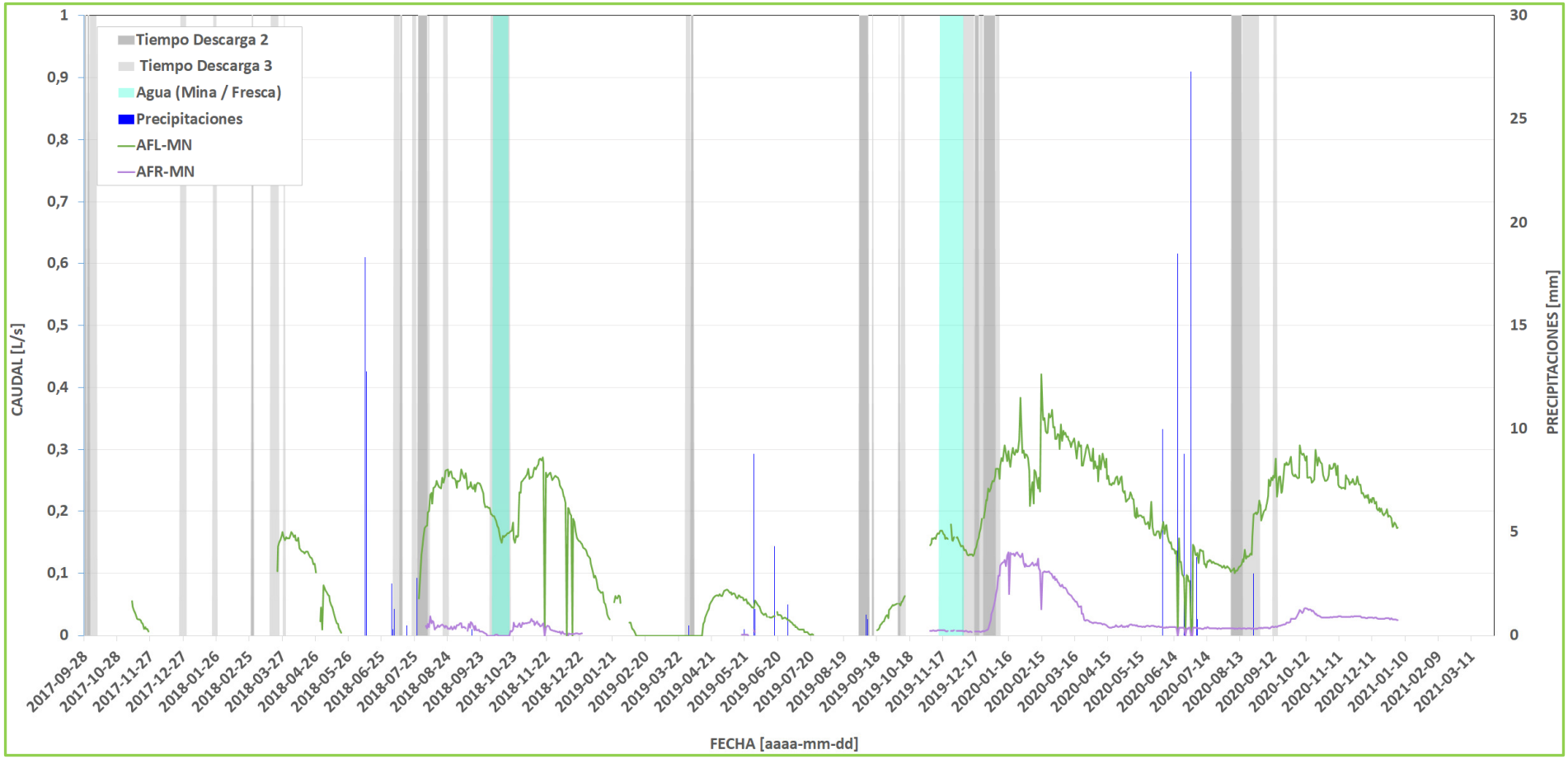
Cabe destacar que los piezómetros de cuerda vibrante instalados en la fundación del MN (PE-015 y PE-016), no muestran actividad alguna que pueda relacionarse con un aumento del nivel freático dentro del muro hacia aguas arriba, lo cual es esperable, dado que el caudal drenado continúa siendo muy pequeño.

La actividad de los afloramientos, drenajes, descargas de relaves y descarga de agua históricos, se puede apreciar en la Figura 8-5.

Se deja establecido que el dren central (ver Figura 4.2 y Figura 4-3: Sección Tipo Dren Central), que capta las aguas conducidas por los drenes laterales y las evacúa en el aforador (hacia aguas abajo del MN), está diseñado para que por su parte superior (top) pueda captar cualquier agua de filtración a lo largo de su recorrido, por lo tanto, es opinión de Wood que el flujo de agua asociado al punto de control AFR-MN, es conducido por la roca de fundación, debajo del muro MN, y está siendo captado por el dren central en algún sector hacia el término de su recorrido de 342 m aproximadamente, ya que una campaña de calicatas en el sector del AFL-MN realizada el año 2018, detectó la presencia de agua somera durante los eventos de afloramiento a un par de metros de profundidad bajo el nivel de terreno natural, y que escurre hacia el rajo de la mina. La empresa encargada del estudio hidrogeológico integral WSP, ha incorporado este sector al alcance de su estudio y a la fecha de escribir el presente informe, se considera que esta condición no reviste un peligro para la seguridad de las instalaciones.

Por último, dado el comportamiento que estos flujos presentaron durante el periodo de actividad anterior, a fines del año 2019 y durante todo el año 2020, esta vez se espera que los caudales no desaparezcan, dado que en el caso de agua colectada en el Aforador del MN, estos han alcanzado un estado estable de flujo bajo – bajo, creciente en el tiempo a partir de cada nueva operación de los puntos de descarga D2 / D3, tal como se puede apreciar en la Figura 8-5, a continuación:

Figura 8-5: Caudal de Afloramientos MN, al 31 de diciembre de 2020 (ref. Control y Monitoreo de terreno, Wood)



8.4.2.4. Conclusión Comportamiento Hidráulico

Todos los flujos colectados están dentro de los valores previstos en el diseño para cada uno de los muros y se presentan de manera gráfica para el caso de MNO en las Figuras 3-9, 3-10, 3-11 y 3-12. El agua de los flujos es agua limpia, sin turbiedad, además, el depósito presenta la laguna de aguas claras posicionada adecuadamente a la cola del embalse en el punto de instalación del sistema de bombeo de agua recuperada y alejada de los muros por extensas playas de relaves, mayores a 1 km de longitud.

8.5. Comportamiento operacional

8.5.1. Procedimientos operacionales

Los procedimientos corresponden a los Estándares Operativos de Teck CdA, los cuales forman parte de las capacitaciones iniciales a todas las empresas contratistas que prestan servicios en el sitio.

8.5.2. Incidentes y confiabilidad

8.5.2.1. MN: Nuevo Afloramiento Aguas Abajo

Con fecha 28 de marzo de 2020, durante el recorrido rutinario por el sector de aguas abajo del Muro Norte, personal de operaciones del embalse de relaves Teck CdA reporta el hallazgo de una zona con humedad y abundante vegetación, al pie del talud poniente del camino minero de acceso al MN. Se notificó a la supervisión de terreno Wood para revisión, sin poder determinar su origen, ni poder aforar el caudal dado el escaso flujo que presentaba. Se procedió a realizar la medición de pH con un multiparámetro previamente calibrado, el cual registró un valor de 6,46 u.a. y se incorporó el área al recorrido de vigilancia diario por parte de Wood.

Figura 8-6: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Detección, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood).

Figura 8-7: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Ubicación Relativa, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood).

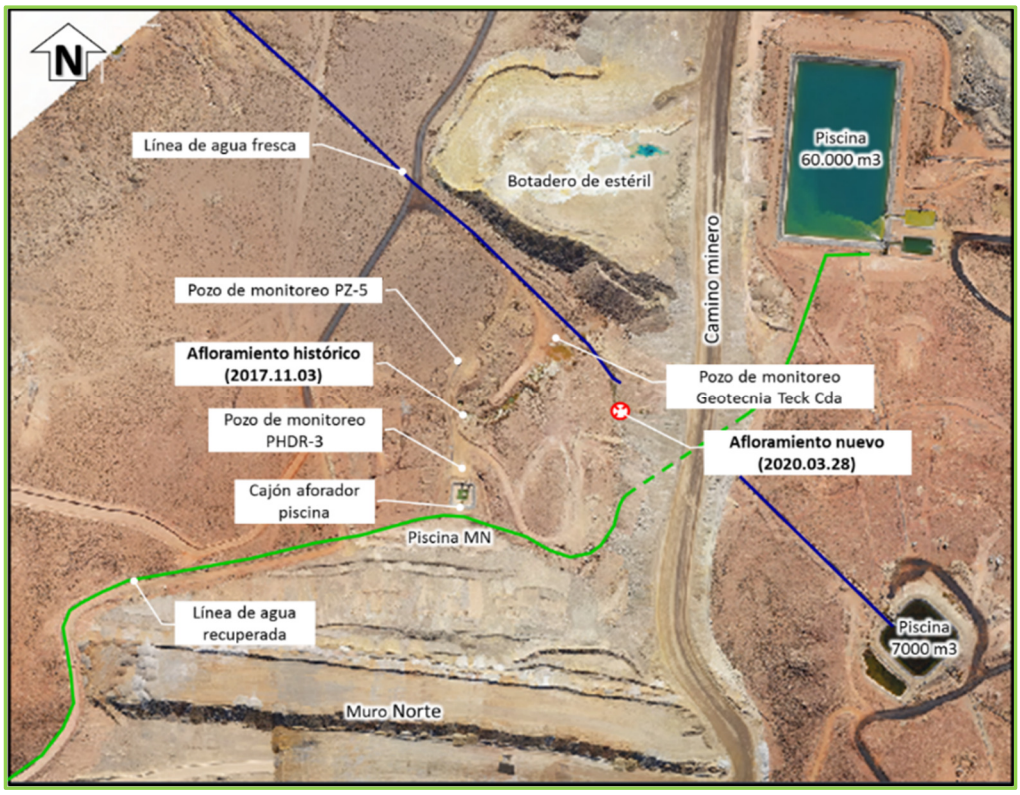


Figura 8-8: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Detalle, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood).

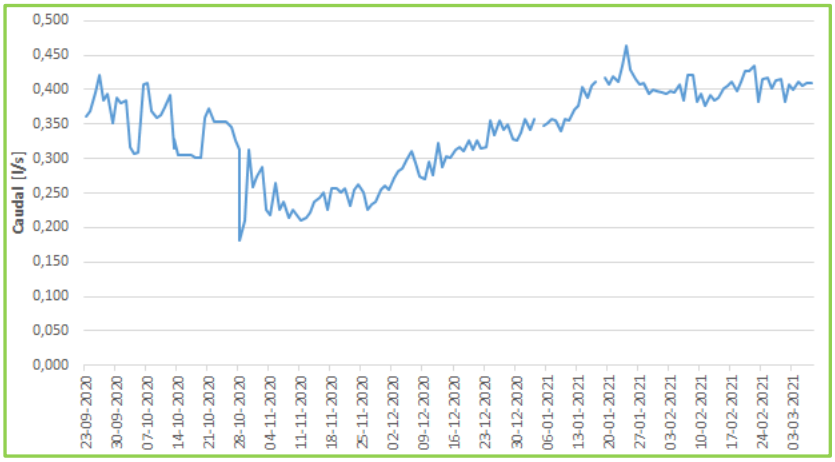
Desde el 29 de marzo y hasta el término del periodo, el área se mantiene en observación, controlando pH regularmente, el que presenta valores en el rango 6,79 y 7,44 u.a., sin medición de caudal debido a lo escaso del flujo.

Durante la semana del 18 de septiembre se aprecia un evidente aumento en el flujo, por lo cual, el día 23 de septiembre, se instala un aforador (temporal) de HDPE para

facilitar la medición de caudal, obteniéndose lecturas que varían entre 0,36 a 0,40 L/s, estabilizándose en torno a este último valor a partir de mediados de enero del 2021 (ver Figura 8-10), y con una frecuencia de medición diaria. Es importante destacar que el afloramiento ha presentado en todo momento agua sin turbiedad de aspecto claro. La turbiedad que se aprecia en la Figura 8-9 es producto de los trabajos de movimiento de tierras, requeridos para el emplazamiento del aforador (temporal) de HDPE.

Figura 8-9: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Aforador, Documento E40221-DT00-MEM-002 (ref. Wood).

Figura 8-10: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Gráfico Caudal vs Tiempo (ref. Wood).



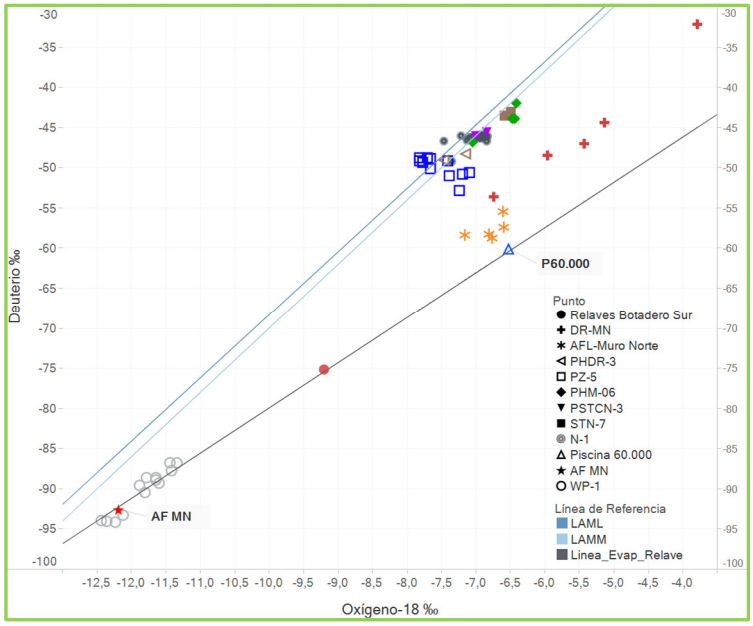
Con el objetivo de tener una primera aproximación respecto del origen del afloramiento, se tomaron muestras de agua en cuatro (4) puntos estratégicos, dada la cercanía del afloramiento con dos (2) cañerías conductoras: (1) cañería de diámetro 22" que

alimenta de agua fresca la planta concentradora (a través del Water Pond de 7.000 m^3); y (2) cañería de HDPE que conduce el agua recuperada desde la laguna de aguas claras del embalse, hasta el Water Pond de 60.000 m^3. Las muestras fueron tomadas el 23 de septiembre y enviadas el mismo día a analizar al laboratorio de Teck CdA, pudiéndose apreciar que existe consistencia entre la muestra del Water Pond 7.000 m^3 (Agua Fresca) con el agua del afloramiento y dado que las conductividades resultaron ser prácticamente iguales, el agua no recorrería una larga distancia a través de los rellenos del camino y/o terreno natural hasta el punto que afloran, por lo que la fuente del flujo de agua debería ubicarse cercana al punto de control, es decir en una filtración de la cañería y no en una rotura del liner en el Water Pond, el que se encuentra mucho más lejano y en la cumbre del cerro Arenas. Para ratificar esto se recomendó realizar análisis de tipo isotópico en el sector y comparar con las marcas establecidas del agua en la base de datos existente de isotopía de Teck-CdA, así como realizar geofísica en el sector de la Piscina antes mencionada.

Tal como se puede apreciar en la Figura 8-11, la isotopía ratificó que se trata de Agua Fresca descartándose que sea una filtración proveniente de la TMF.

No obstante lo anterior, aún se debe identificar el origen del afloramiento, por lo que se mantiene la recomendación de realizar la geofísica antes mencionada en el sector de la Piscina, además de monitorear el flujo del afloramiento dos (2) veces al día durante el período que dure la próxima parada de planta mayor, programada para el lapso ente el 31 de marzo y el 4 de abril de 2021, ambos días inclusive.

Figura 8-11: MN, Nuevo Afloramiento Aguas Abajo, Isotopía (ref. WSP).



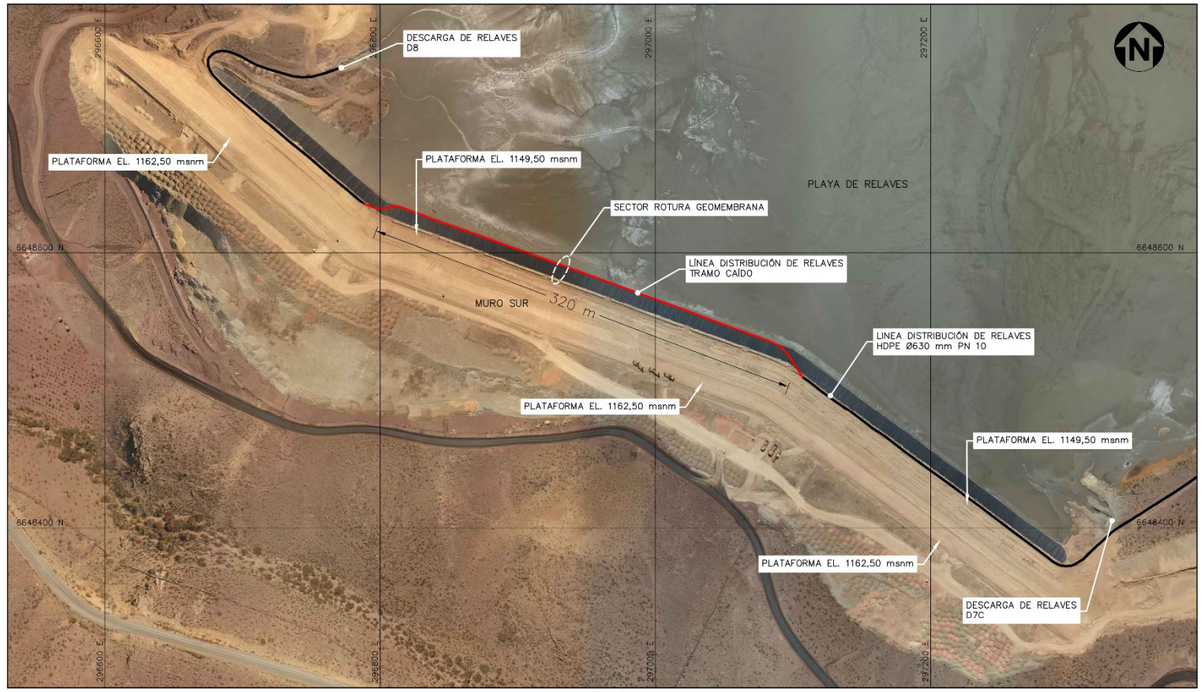
8.5.2.2. MS: Rasgadura Geomembrana

Tal como se indicó en el capítulo 8.3.1.2, producto del sismo magnitud 6,3 (Mw) del día 05 de septiembre de 2020, durante la inspección detallada post evento se detecta el

deslizamiento de la cañería de distribución de relaves sobre la cara impermeabilizada del talud interno del muro sur en una longitud aproximada de 320 m. Este deslizamiento de la cañería, se produjo desde la plataforma operacional a la elevación de coronamiento la Etapa 3 de crecimiento diferido (El. 1.149,5 msnm), hasta la playa de relaves, la cual se encontraba seca y a unos 5 m aproximadamente por debajo de la mencionada plataforma.

Dada la presencia de una unión enflanchada en la cañería, el deslizamiento de la cañería rasga el liner (ver Figura 8-12), lo que requirió reparación y parchado (ver Figuras 8-13 y 8-14) por parte del contratista local V y S, quién además reubica la cañería a su posición operacional, reponiendo los lomos de toro de manera de afianzar la cañería.

Figura 8-12: MS, Secuencia Fotográfica Deslizamiento Cañería de Distribución de Relaves y Rasgadura Geomembrana (ref. Wood).



PLANTA GENERAL DISPOSICIÓN LÍNEA DISTRIBUCIÓN DE RELAVES MURO SUR
Escala 1:4.000

Imagen N°1: Vista tubería desde sector poniente

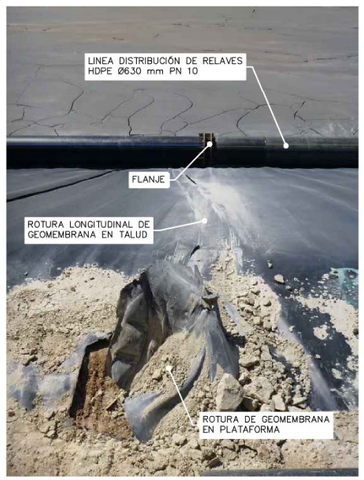


Imagen N°3: Rotura geomembrana plataforma El. 1149,50 msnm

Imagen N°4: Rotura geomembrana en talud y plataforma El. 1149,50 msnm

Imagen N°5: Tubería sector oriente

Imagen N°2: Tubería caída desde plataforma El. 1149,50 msnm

Figura 8-13: MS, Reparación Geomembrana Talud Aguas Arriba (1 / 2) (ref. V & S).

Figura 8-14: MS, Reparación Geomembrana Talud Aguas Arriba (2 / 2) (ref. V & S).

8.5.3. Mantenimiento

Las actividades de mantención son realizadas directamente por Teck CdA, y pueden separarse principalmente en dos (2): Mantenimiento Periódico y Mantenimiento Post Evento. Las tareas de mantención derivadas de cualquier deficiencia detectada en el ATFI, pueden corresponder a cualquiera de las dos (2) categorías antes mencionadas.

8.5.3.1. Mantenimiento Periódico

El mantenimiento periódico, también denominado como de Rutina y Predictivo, incluye pero no se limita a las siguientes estructuras y sistemas:

- Muros;
- Trincheras: Zanja de aproximación, Taludes y Plataforma Manifold;
- Instrumentación Geotécnica y para Monitoreo de Agua: sin mantención de la instrumentación geotécnica por parte de GeoMediciones, durante el periodo la que debió considerar principalmente en una revisión de todos los sistemas de respaldo, es decir: baterías, paneles solares, memoria de almacenamiento, etc.;
- Bombas de impulsión / distribución y cañerías de relaves, y su instrumentación asociada;
- Equipos y conducciones eléctricas, y su instrumentación asociada;
- Equipos y cañerías de agua, y su instrumentación asociada; y
- Equipos de Construcción.

Dentro del mantenimiento predictivo, se enmarcan las actividades de preparación ante el pronóstico de próximos eventos meteorológicos, principalmente precipitaciones.

8.5.3.2. Mantenimiento Post Evento

El Mantenimiento Post Evento, incluye pero no se limita a los siguientes eventos:

- Rotura o Fuga de Cañerías;
- Sismo Intenso; y
- Tormenta.

8.6. Revisión del Manual de Operaciones

Se encuentra emitida la revisión 4 del manual OMS, cuyas principales actualizaciones se refieren a:

- Desarrollo del ítem de Mantención;

- Detallamiento de los compromisos asociados a la TMF, que se indican en la RCA;
- Agrega ítem plan de cierre; y
- Agrega ítem entrenamiento y competencias.

8.7. Revisión del Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencia

La revisión 5 del Plan de Respuesta ante Emergencia se emitió durante el periodo anterior, con fecha 30 de abril de 2019.

No existe Plan de Preparación ante Emergencias específico para la TMF, se sugiere su elaboración y emisión durante el siguiente periodo, programado para el Q3 del año 2021.

8.8. Revisión de Seguridad (DSR)

Se deja establecido que la primera inspección DSR para la TMF en estudio, se realizó durante el Q3 del año 2018 y estuvo a cargo de Arcadis Chile (ACL en adelante) y en su declaración indica (en *cursiva* cita textual):

"El depósito de relaves (TMF) CdA Andacollo y todos los muros perimetrales de contención incluyendo entre ellos el Botadero Sur, ha sido diseñado, construido y es operado en la actualidad de forma segura, de acuerdo con la evaluación de ACL (Arcadis Chile) cuya revisión de seguridad (DSR) del TMF no revelo deficiencias o no conformidades que resulten en riesgos mayores para la comunidad circundante, para las personas e instalaciones de Teck / CdA o para el medio ambiente."

A continuación se presenta el plan de acciones específicas ante recomendaciones DSR, cabe destacar que si bien aún no hay temas que se encuentren cerrados a la fecha de emisión del presente documento (salvo el punto 8 de la Tabla 8-10), Teck CdA está avanzando de manera sistemática en cada uno de los ítems:

Tabla 8-9: Recomendaciones DSR (1 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA).

#	Ítem	Detalle	Cometario en DSR	Acción	Entregable	Estado
			HALLAZGOS			
1	Estabilidad y Agrietamientos Muros MN,MNO,BS Y MO	(1a) Mejorar la caracterización geológica, geotécnica, hidrogeológica de la fundación para cada muro y secundariamente para el resto de la cubeta , con énfasis en los sectores que se perciben mas vulnerables.	*Los documentos disponibles para la DSR correspondientes a los análisis de estabilidad estática de los muros TMF y proporcionados por CDA fueron: "2007 2077-1IT-1-018 Informe Técnico Análisis Estabilidad Seudo Estática Depósito de Relaves CDA AMEC/Arcadis Geotécnica 2005" estudio realizado durante la fase de factibilidad del proyecto hipógeno "2111-1IT-R-079, Informe Técnico Análisis Estabilidad Estática Depósito de Relaves CDA, AMEC 2007". los dos primeros estudios constituyen aproximaciones a los requerimientos de una buena práctica de geología de ingeniería para sitios de presas, desde estudios regionales de escalas 1:20.000 – 1:10.000 en el mejor de los casos.*	Para cada muro se deben preparar planos geológicos de la fundación a escalas adecuadas con los detalles particulares, integrando las últimas investigaciones realizadas (MNO y BS). Deberán identificarse los estudios e investigaciones de terreno necesarios que permitan obtener la información requerida.	Caracterización adecuada geológica-geotécnica e hidrogeológica de cada uno de los muros, se debe presentar propuesta de estudios e investigaciones al GRB.2019;	En Desarrollo
		(1b) Seguimiento y desarrollo de estudios de agrietamientos para asegurar que afectan solamente al relleno de transición y que su mecanismo de generación es independiente de las condiciones geológicas/hidrogeológicas de la fundación y de las características de los rellenos masivos.	*Dichos taludes de los muros MN, MNO, MO presentan rasgos de agrietamientos tanto en el talud mismo como en la berma de material de transición. En tanto no quede documentado en forma concluyente que el agrietamiento del material de transición no afecta a los rellenos masivos, ACL debe levantarlo como un tema en progreso que tiene el potencial de provocar disrupciones importantes en el proceso del TMF"*	Monitoreo de los agrietamientos de los muros, incluyendo monitoreo de la etapa 4 para detectar la aparición de grietas. Estudio de los mecanismos de generación para establecer si no afectan los rellenos masivos y son independientes de las condiciones de fundación. Evaluar alternativas de construcción para el relleno de transición, de manera de minimizar tiempo de exposición.	Plan de monitoreo y estudios, incorporar monitoreo InSar, que detecte la aparición de los agrietamientos, se debe presentar propuesta de análisis al GRB.2019;	En Desarrollo
2	Respuesta sísmica MO Y BS	Revisar la coherencia entre los criterios de diseño del TSF , los parámetros recomendados en los estudios de peligro sísmico actualizados para los sismos de diseño y la evaluación (inspección post evento) de la respuesta sísmica de los muros del TSF; en referencia a los criterios de aceptabilidad para las evaluaciones de estabilidad de acuerdo a la normativa vigente.	*En opinión de ACL y a partir de una comparación directa entre las magnitudes, distancias al epicentro, y las aceleraciones máximas registradas, las cargas impuestas por el sismo de 2015 habrían sido inferiores a las correspondientes al sismo de operación propuesto por Saragoni (Tabla 4-1). En este contexto cabe señalar que el factor de seguridad obtenido en el análisis MEL del muro (FS=1.06) considerando el agrietamiento producido durante el sismo de 2015, es inferior al requerido para el caso sísmico por los criterios de diseño señalados en los documentos 2077-1CD—6-007—0 y 2077-1IT—1-041 y a los criterios de aceptación de estabilidad contenidos en el DS 248 y D50 DGA. En tanto el sismo real del 2015 aparece como inferior en potencial destructivo al sismo de operación (OBE) y también al sismo máximo creíble (MCE) será aconsejable efectuar una revisión de la estabilidad dinámica de los muros, incluyendo la información disponible más reciente. En todos los casos será conveniente consolidar una referencia actualizada para todos los criterios de diseño con las modificaciones que fueran necesarias corrigiendo las diferencias entre los documentos existentes y su coherencia, tanto con los estándares Teck y la normativa reglamentaria vigente.*	Revisar los estudios y criterios de diseño sísmico y establecer los criterios de diseño sísmico coherentes que cumplan las normativas chilenas y las de Teck. Desarrollar el análisis de estabilidad dinámica.	Desarrollo del estudio de estabilidad dinámica (PDN 13, actualización del diseño), se debe presentar avance del 50% al GRB.2019;	En Desarrollo
3	Filtraciones MNO	Mejorar el entendimiento de las condiciones locales geo/hidrogeológicas y verificar el posible control estructural de flujos preferenciales no captados por los drenes y controlados estructuralmente.	*En MN y en especial en MNO se observan afloramientos de agua y caudales efluentes de los drenes cuya importancia puede ser creciente en el tiempo y cuya evaluación requiere de un incremento significativo en el entendimiento de las condiciones geológicas e hidrogeológicas de los sitios de fundación de los muros.*	Profundizar el estudio de la geología e hidrogeología del MNO y MN para analizar el posible control estructural de los flujos no captados por los drenes y analizar y diseñar medidas de intercepción / captación para los afloramientos (El Churque).	Modelo Hidrogeológico distrital, geofísica dedicada (pilas, deposito de relaves área industrial) con focos adecuados (zoom) aguas abajo del MNO y MN	En Desarrollo
4	Filtraciones MN	Igual que el anterior , en una etapa mas temprana (incipiente) de su desarrollo.	Ídem punto 3	Ídem punto 3. Replicar la normalización del afloramiento, de acuerdo al proyecto de normalización desarrollado en el Churque, a comienzos del año 2018.	Ídem punto 3	En Desarrollo

Tabla 8-10: Recomendaciones DSR (2 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA).

			HALLAZGOS (2)			
5	Documentos EPP-ERP-TARP	Generar documentos individuales como parte de los documentos clave para la gestión del TMF	*La mayor parte de los procedimientos e instancias de inspección y control de la gestión de la seguridad del TMF se encuentra cubierta tanto en el ya referido 00-OMS-R4-Amec FW-2018 Manual OMS cómo en el Plan de Contingencia SSO y ambientales depósito de Relaves Rev 04-2017. Si bien el contenido de estos documentos abarca en buena medida los EERP y EPP clásicos como también los umbrales de alerta y alarma (TARP) , de acuerdo a los estándares de la Canadian Dam Association (CDA) será deseable la generación formal de los mismos y su inclusión entre los documentos que se consideran claves para la gestión integral del TMF.*	Independizar documentos, y actualizarlos anualmente	Generar Documentos Independientes, requerimiento de la guía Teck.	En Desarrollo
6	Balance de Aguas TDF	Efectuar un upgrade para conformar un modelo estocástico específico del TMF, y que forme parte integrante del balance corporativo de largo plazo (sitewide), basado en el Plan LOM.	*Ambos documentos ("Informe Técnico Balance de Aguas. N° 2111-1IT-R-073. CDA, Proyecto Nº 2111" y ", Balance de Aguas Operacional Histórico Embalse de Relaves, Período 2010-2017; Amec Foster Wheeler, 2018".) deberán complementarse e integrarse en un balance estocástico específico del TMF, dinámico y de utilidad operacional. Dicho balance operacional debe formar parte integrante del balance corporativo de largo plazo (sitewide), basado en el Plan LOM y que abarca además los balances específicos de todas las operaciones de CDA.*	Efectuar una actualización para conformar un modelo estocástico específico del TMF y que forme parte integrante del balance corporativo de largo plazo. Basado en el plan LOM. Utilización de la herramienta Goldsim para la modelación del balance.	Balance de Agua Operacional el Embalse, se debe presentar la modelación terminada al GRB.2019 (1) y modelo de balance de agua distrital (2)	En Desarrollo
7	Caracterización de sitios de Muros y cubeta	Integrar, completar e interpretar la información geológica, hidrogeológica y geotécnica a escalas adecuadas.	También es parte de acción contemplado en el punto 1a, pero extensible a toda la cuenca del TMF y el extermo sur (MS y MSO) por la importancia ambiental.	Preparar planos geológicos de la cubeta y fundación de los muros a escalas adecuadas con los detalles particulares, integrando las investigaciones de terreno que se realicen. Identificar estudfios e investigaciones de terreno necesarios para obtener la información requerida.	Caracterización adecuada geológica - geotécnica e hidrogeológica de los muros y de la cubeta. Presentar propuesta de estudios e investigaciones al GRB,2019.	En Desarrollo
8	Hidrología y manejo de crecidas	Revisar , completar e integrar la información hidrológica del TMF en un documento dedicado parte de los documentos claves para la gestión del TMF	*Se pueden identificar algunas diferencias de procedimientos y bases de cálculo entre las distintas evaluaciones realizadas durante las etapas del desarrollo del TMF y que conducen a resultados poco comparables entre sí. Será recomendable por tanto, consolidar los estudios hasta ahora realizados en un informe base, que ACL considera debe formar parte del conjunto de documentos clave para la gestión segura del depósito.*	Actualizar criterio de Diseño Hidrológico	Finalizar estudios de Inundación y Crecida Máxima Probable, se deben presentar los resultados el GRB.2019, tomado recomendaciones GRB.2017 y GRB.2018	Finalizado

Tabla 8-11: Recomendaciones DSR (3 de 3) (ref. Plan de Acción, Teck CdA).

#	Ítem	Detalle	Cometario en DSR	Acción	Entregable	Estado
			MEJORAS			
1	Monitoreo : Acelerógrafos	Mejorar instalación acelerógrafo al pie del MNO. Coordinar en tiempo real con otros acelerógrafos fuera TMF y en coronamiento muro(s).		Mover acelerógrafo al pie del C°Arenas, estribo poniente del MNO, aguas abajo.	Contemplar para la reubicación, la interacción con el segundo acelerógrafo a instalar sobre la Pl. TK-012, se debe presentar proyecto al GRB.2019;	En Desarrollo
2	Monitoreo : Aforos	Mejorar tubos de llegada a vertederos, automatizar.		Que la descarga del tubo no se ahogue al entrar al aforador. Implementar sistema de lectura de flujo remota.	Automatización se debe incorporar al plan de monitoreo remoto del Embalse. Respecto de la mejora de la cañerías de llegada, se toma la recomendación para aquellos aforados por construir;	En Desarrollo
3	Biblioteca documentos claves	Crear un archivo de documentos clave de gestión TMF		Requerimiento de la guía Teck. Carpeta Corporativa Share Point	Crear base de datos con información relevante, requerimiento de la guía Teck.	En Desarrollo
4	Potencial ARD en rellenos y relaves.	Implementar un programa de caracterización de relaves y estériles mina mediante ensayos.		Generar programa de caracterizació, además de la reconstitución desde el inicio de la construcción, de los materiales que conforman los muros.	Mina Teck CdA deberá preparar e implementar el programa de caracterización.	En Desarrollo

8.9. Actualización de Distancia Peligrosa

La normativa chilena en el artículo 14 del DS 248 exige la determinación de la denominada distancia peligrosa definida como *la distancia, en kilómetros, que recorrería el relave en el caso de colapso del depósito.* A continuación, dado que durante el año 2020 la TMF comenzó a operar dentro de los límites de la Etapa 4 de crecimiento diferido, a continuación se presenta la actualización a la Etapa 4 de operación, de dicha estimación, la que se detalla en el informe plano E40165-840-R-PL-004.001: “Simulación de Vaciado de Muros, Embalse de Relaves – Etapa 4 de Crecimiento”.

Es importante destacar que el presente análisis se ha realizado debido a un requerimiento normativo, ya que tanto Teck, como Wood no consideran el que haya un modo de falla creíble para la Etapa 4 de crecimiento diferido.

Dado que no hay modo de falla creíble para la Etapa 4 de crecimiento diferido, de acuerdo con el GISTM no se requiere un estudio de inundación, ni tampoco un análisis de brecha. No obstante lo anterior, de acuerdo con la normativa chilena se ha hecho el estudio de distancia peligrosa, el que se encuentra en el documento # E40165-840-R-TR-001: “Determinación de la Distancia Peligrosa de los Muros del Depósito de Relaves”, en dicho documento se presenta gráficamente la superficie cubierta por un derrame de los relaves embalsados ante una hipotética ruptura de los muros del Embalse de Relaves, según la distancia peligrosa determinada para la condición actual de operación de la TMF (E4).

9.0 RESUMEN Y RECOMENDACIONES

9.1. Resumen de actividades de construcción durante la visita

Al momento de la inspección se estaban realizando los siguientes trabajos:

- Rellenos masivos: En construcción el relleno masivo de la Etapa 5 del muro MN;
- Rellenos de transición y/o rectificación: sin actividad de construcción al momento de la visita;
- Instalación de geosintéticos en la cara aguas arriba de los muros, piscinas, sistemas de captación y conducción de drenajes: Impermeabilización de los estribos del MO(S); Término de la impermeabilización del talud interno, estribos y plataforma operacional a la elevación de coronamiento de la E3 de crecimiento diferido;
- Excavación y relleno de zanjas corta fugas, de anclaje superior, inferior y laterales: trabajos de movimiento de tierras en las zanjas de anclaje laterales en el MO(S); trabajos de movimiento de tierras en las zanjas de anclaje superior e inferior en el MS;
- Construcción de sistema colector y de control de filtraciones: sin actividad de construcción al momento de la visita;
- Instalación de instrumentación geotécnica: sin actividad de construcción al momento de la visita; y
- Montaje de cañerías para impulsión / distribución de relaves y cañerías de agua: en desarrollo el montaje de la cañería de distribución de relaves en el MNO.

9.2. Resumen de desempeño

El comportamiento observado del depósito está de acuerdo con lo esperado en el diseño y la operación de la TMF, estas actividades se han desarrollado siguiendo las recomendaciones del manual OMS. Las deformaciones de los muros a medida que crece el depósito se consideran normales.

Las filtraciones que se registran en el depósito están dentro del rango estimado en el diseño.

9.3. Resumen de cambios en la instalación o condiciones aguas arriba o aguas abajo

9.3.1. Plataforma BS, al coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido

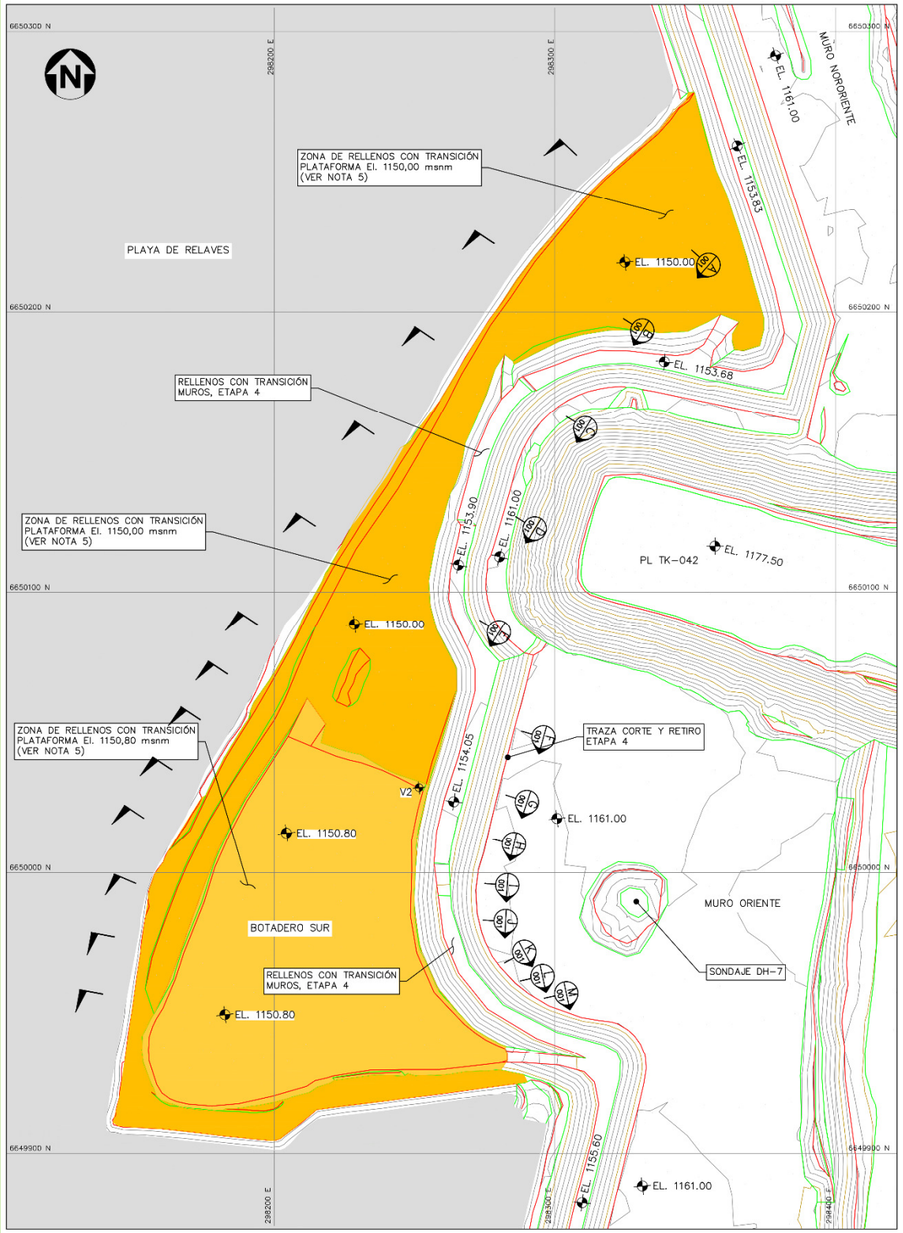
En las inspecciones ATFI de años anteriores, se discutió sobre la necesidad o no de cubrir con liner la superficie del coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido en el Botadero Sur que quedará cubierta por los relaves cuando dicha plataforma entre en operación. Este tema fue presentado a Teck CdA y al GRB durante la reunión # 9 de abril del año 2020, luego de lo cual Wood desarrolló el estudio denominado "FMEA Cobertura del Coronamiento Aguas Arriba del Botadero Sur", el que fue discutido en dos (2) reuniones posteriores entre el GRB, Teck, Teck CdA y Wood, para analizar en detalle la necesidad o no de impermeabilizar con Liner, llegándose a la conclusión que no se requiere, por lo que se mantiene el diseño revisado por el cual dicha plataforma se cubre con dos (2) metros de relleno de transición compactado, manteniendo el monitoreo y los controles operacionales estrictos, orientados a alejar la laguna de aguas claras desde la plataforma (distancia mínima 100 m).

En las Figuras 9-1 y 9-2, se presentan los planos As Built con la construcción del relleno de transición de 2,0 m de espesor compactado, sobre la plataforma del BS a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido, El. 1.149,5 msnm.

Finalmente durante el mes de enero de 2021, el GRB emite un pronunciamiento formal, por escrito, notificando que adhiere a la conclusión de Wood. A continuación se cita textual en *cursiva y* ***negrita***:

*"**El GRB acepta la recomendación general de Wood de no impermeabilizar con liner la Etapa 4 de crecimiento de la TMF*** (en el sector del Botadero Sur, en los estribos sur y norte de los muros MNO y MO, respectivamente) ***y la superficie plana de coronamiento del Botadero Sur**"*.

Figura 9-1: BS, As Built, Cobertura con Relleno de Transición, Plataforma al Coronamiento de la Etapa 3, El. 1.149.5 msnm, Planta (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0006.000, Wood)



PLANTA GENERAL
Escala 1:2.000

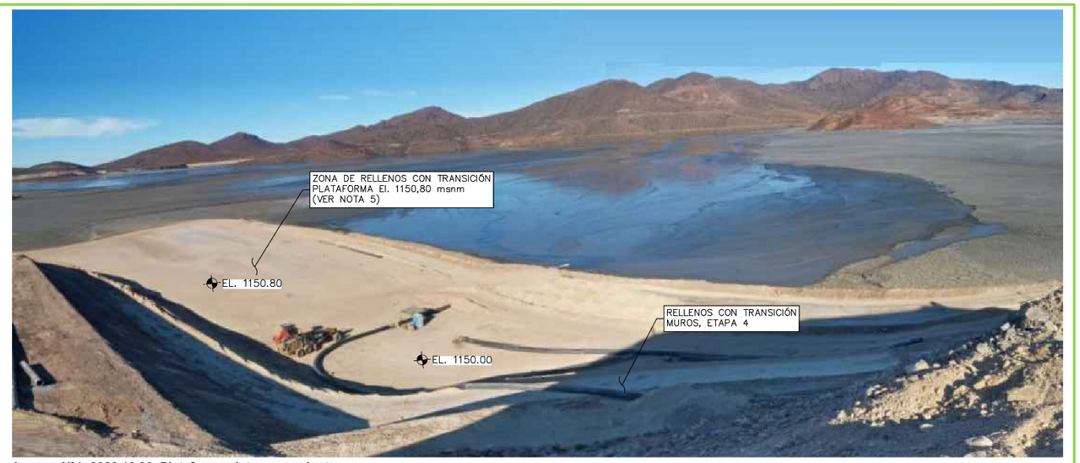


Imagen N°1: 2020.10.30, Plataforma vista sur poniente

Imagen N°2: 2020.10.30, Plataforma vista norponiente

NOTAS

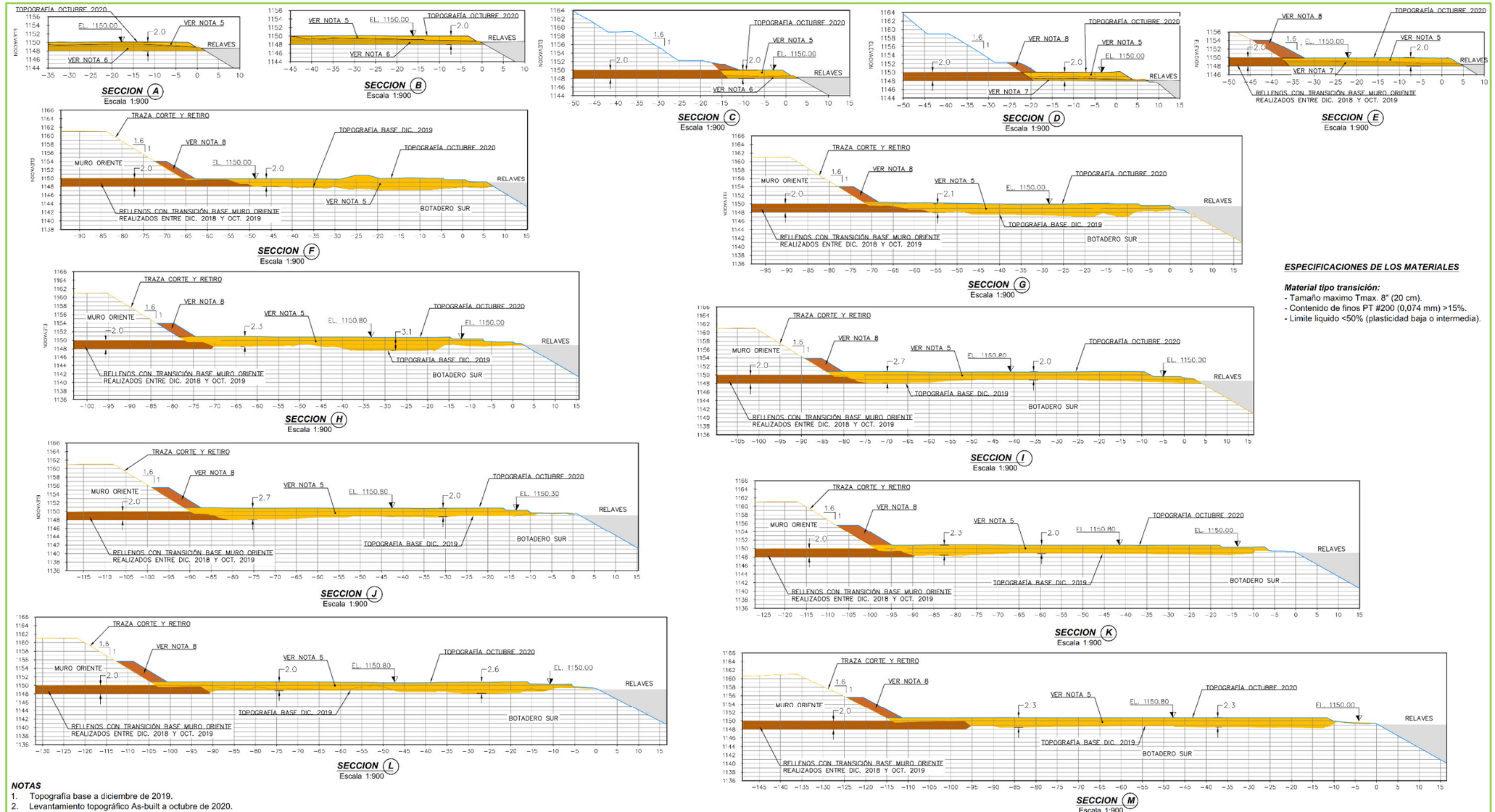
1. Topografía base a diciembre de 2019.
2. Levantamiento topográfico As-built a octubre de 2020.
3. Coordenadas UTM, referidas a datum PSAD56.
4. Dimensiones y elevaciones en metros [m].
5. Rellenos compactados en capas de espesor 40 cm, hasta alcanzar la El. 1.150,80 msnm, hacia el surponiente y la El. 1.150,00 msnm, hacia el nororiente, logrando una capa total de 2 m (mínimo) de espesor respecto a la topografía base del botadero terminado en la etapa 3 de construcción del embalse de relaves.
6. Para detalle de secciones tranversales ver plano N° E40221-6000-DT00-PLN-0006.001.

Cuadro de cubicaciones	
Total transición colocada (*)	36.631 m3
(*) Los volumenes indicados corresponden a la transición construida entre enero a octubre de 2020	

LEYENDA

- Rellenos transición plataforma BS.
- Topografía pata.
- Topografía borde.
- Topografía curvas de nivel

Figura 9-2: BS, As Built, Cobertura con Relleno de Transición, Plataforma al Coronamiento de la Etapa 3, El. 1.149.5 msnm, Secciones (ref. Plano E40221-6000-DT00-PLN-0006.001, Wood)



ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES

Material tipo transición:
- Tamaño maximo Tmax. 8" (20 cm).
- Contenido de finos PT #200 (0,074 mm) >15%.
- Limite liquido <50% (plasticidad baja o intermedia).

NOTAS
1. Topografía base a diciembre de 2019.
2. Levantamiento topográfico As-built a octubre de 2020.
3. Dimensiones y elevaciones en metros [m].
4. Rellenos compactados hasta alcanzar una densidad de 1,8 t/m3 en capas horizontales de espesor 40 cm +-5 cm. Tmax. de 50% del espesor de la capa PT #200 >15%, humedad de compactación +2% (según PM).
5. Rellenos con transición construidos entre enero a octubre de 2020.
6. Rellenos con transición construidos en septiembre de 2017.
7. Rellenos con transición construidos entre enero y abril de 2017.
8. Rellenos con transición talud aguas arriba etapa 4 de construcción de los muros norte, nororiente, botadero sur y oriente .
9. Para referencia de secciones ver plano N° E40221-6000-DT00-PLN-0006.000.

9.3.2. Perfilado Relleno de Transición

El Diseño de la TMF, contempla que la transición se construya en capas de 40 cm de espesor compactado y, a partir de la Etapa 2 de crecimiento diferido, en un ancho de 4,00 m compactado efectivo. Hacia aguas abajo, cada capa del relleno de transición se endenta 40 cm, contra el relleno masivo compactado. Hacia aguas arriba, sin embargo, para lograr el compactado de cada capa de 4,0 m de ancho efectivo, se debe dejar un sobre ancho de construcción mínimo, que en el caso de los muros cuyo talud interno se construye 1,6 (H) / 1 (V), es de 65 cm, y en el caso de los muros cuyo talud interno se construye 2,0 (H) / 1 (V) es de 80 cm. Este sobre ancho de construcción sirve además, como berma de seguridad, durante el proceso de construcción.

Una vez finalizada la construcción del relleno de transición, el diseño requiere que dicho sobre ancho de construcción, sin compactar, sea removido, dicha labor se denomina Perfilado.

El Perfilado en el diseño es requerido por dos (2) razones fundamentales:

- En los muros de los sectores norte y centro de la TMF (sin impermeabilizar, con talud 1,6 / 1), se requiere por razones de seguridad, en el caso que las plataformas operacionales de una etapa anterior ubicadas a una cota inferior del relleno de transición recién construido, continúen operativas de manera de evitar deslizamientos de tierra desde la cara del talud sin compactar, y

- En los muros del sector sur de la TMF (impermeabilizados, con talud 2 / 1) se requiere para proveer una superficie apta para la colocación de geomembrana, compactada y libre de cantos vivos, que puedan punzonar la lámina. Esta superficie debe ser recepcionada conforme por el instalador certificado de los geosintéticos, previo al montaje de estos;

Al momento de escribir el presente informe, en aquellos muros sin impermeabilizar, las plataformas operacionales a la cota de coronamiento de la Etapa 3 de crecimiento diferido (El. 1.149,5 msnm), ya se encuentran cubiertas por relaves (muros MN, MNO y BS), o están prontas a quedar bajo la elevación de la playa de relaves respectiva (muro MO), estas ya no pueden ser utilizadas como plataformas operacionales, por lo que se ha optado por no perfilar estos muros.

Este cambio en el diseño no presenta riesgo desde el punto de vista de la seguridad de la TMF y se considera aceptable por las siguientes razones:

- No afecta la estabilidad, ni las deformaciones de la cara aguas arriba del talud interno de estos muros;

- Cobertura de protección adicional sobre el relleno compactado, ante la ocurrencia de escorrentía superficial por precipitaciones y / o derrames de relave con energía; y

- Disponibilidad en tiempo real y sin la necesidad de transporte desde acopios destinados, de material para la construcción de rampas operacionales que permitan acceder rápidamente desde el coronamiento de la etapa de crecimiento diferido en operación (Etapa 4 al momento de escribir el presente informe) hasta la playa de relaves en caso de requerir inspección, reparación y / o sellado ante la ocurrencia de un hipotético sinkhole, en la playa de relaves o talud interno de cada uno de los muros sin impermeabilizar (Ver Figura 9-3), principalmente en el sector del BS, sobre la plataforma materia del estudio denominado "FMEA Cobertura del Coronamiento Aguas Arriba del Botadero Sur" (ver capítulo 9.3.1).

Figura 9-3: Esquema construcción rampa de acceso a playa de relaves, en caso de un Sinkhole en playa de relaves (ref. Presentación E40221-0000-BA10-PRE-0009: "BS – Evaluación Geomembrana HDPE, Wood))

Se deja establecido que durante el periodo, se debieron construir rampas operacionales de acceso desde la cota de coronamiento de la Etapa 4 hasta la plataforma operacional de la Etapa 3 (fuera de servicio), de manera de recuperar equipamiento propio de la línea de distribución de relaves (cañerías y /o válvulas). La diferencia de cota entre ambas plataformas es de 13 m, y las rampas respectivas se lograron construir en el plazo de un día, removiendo el material suelto no perfilado desde la cara del talud interno del muro respectivo. Lo anterior se considera un tiempo adecuado ante la declaración de una emergencia nivel II, como lo es la aparición de un sinkhole en el talud aguas arriba o en la playa de relaves respectiva.

9.3.3. Trinchera #8A

Tal cómo se indicó en el capítulo 2.3.3, durante el periodo se detuvo la construcción de la trinchera #9, lo que requirió extender la vida útil de la trinchera # 8 mediante la reubicación del manifold de la cañería de impulsión de agua recuperada a una nueva posición, ubicada 8,00 m aproximadamente por sobre la plataforma de operacional existente. En el caso de la Trinchera # 9, se reprogramó la excavación en roca (mediante tronadura) para el segundo trimestre de 2021, de manera de dejarla

habilitada para el segundo semestre de 2021, no hay actividades asociadas a la tronadura durante el periodo.

A continuación, se presenta un registro fotográfico del sector de las trincheras para la recuperación de aguas claras, en la que se puede apreciar el sistema de bombeo operando en la posición de diseño (Trinchera #8, Figura 9-4) así como en su posición reubicada (Trinchera # 8A, Figura 9-5).

La plataforma en la que se encontraba el manifold al inicio del periodo, está pronta a quedar sumergida bajo el agua, lo que se espera suceda durante el Q1 del año 2021.

Figura 9-4: Trinchera # 8, vista hacia el sur (ref. Inspección diaria TMF, Wood))

Figura 9-5: Trinchera # 8A, vista hacia el oriente (ref. Inspección diaria TMF, Wood))

9.4. Evaluación de consecuencias según GISTM

En el contexto del nuevo Estándar Global de Gestión de Relaves para la Industria Minera, todos los muros se evalúan como estructuras de extrema consecuencia, y deben ser diseñados para la Crecida Máxima Probable (PMF, por sus siglas en inglés) y el Sismo Máximo Creíble (MCE, por sus siglas en inglés), se deja establecido que el diseño de los muros del embalse de relaves Teck CdA considera actualmente estas cargas extremas.

9.5. Estatus Recomendaciones DSI 2020

Ítem	Área	Sub Ítem	Estructura	Detalle	Responsable	Fecha
1	Construcción	1.1	TMF	El terreno natural debe ser mapeado geológicamente antes de colocar el relleno masivo en los estribos	Teck CdA - Wood	Permanente
		1.2	TMF	Dejar registro en los protocolos topográficos de construcción y respaldo fotográfico del escarificado y humectado de la capa de transición subyacente	Wood	Permanente
		1.3	TMF	Revisar el método constructivo del relleno masivo y la posibilidad de construirlo al mismo tiempo que el relleno de transición	Teck CdA - Wood	Finalizado
		1.4	MO	Realizar calicatas en el estribo sur para revisar el terreno de apoyo del relleno de transición	Wood	2021.Q2
		1.5	MO	Reponer el dado de hormigón a la cañería de descarga del dren central, al pie del talud aguas abajo	Teck CdA	Finalizado
		1.6	MO(S)	Retirar del talud, dos (2) clastos con cantos vivos de diámetro superior a 2"	Wood	Finalizado
		1.7	MO(S)	Retirar el derrame del camino minero para permitir la inspección del estribo sur del muro MO y su empalme con el terreno natural	Wood	2021.Q1
		1.8	MS	Finalizar la protección contra la erosión por escurrimiento superficial de ambas zanjas de anclaje laterales, instalando rip rap sobre geotextil	Wood	Finalizado
		1.9	Trinchera #8	Modificar (acortar) el manifold	Teck CdA - Wood	Finalizado
		1.10	Trinchera #8	Cerrar con barreras duras el acceso de equipos y personas a la zona agrietada de la plataforma operacional	Teck CdA	Finalizado
2	Mantención	2.1	MN / MNO / BS / MO	Sellar con arena las grietas media a fina en el talud de la capa de transición	Teck CdA / Wood	Permanente
3	Operación	3.1	TMF	En el corto plazo priorizar la descarga de relaves desde el sector centro y sur del embalse	Teck CdA	Finalizado
		3.2	MNO	Se deberá mantener la posibilidad de operar por la descarga D4 antigua	Teck CdA	Finalizado
4	Estudios y Diseño	4.1	TMF	Realizar un modelo de deformaciones que permita entender más acabadamente el o los mecanismos de formación de las grietas	Wood	2021.Q2
		4.2	BS	Analizar para la plataforma al coronamiento de la E3, si es suficiente cubrirla solo con el relleno de 2 m de material de transición o si es necesario un revestimiento impermeable (liner)	Wood	Finalizado
		4.3	MP	Realizar campaña de exploración mediante sondajes, testigos y ensayos a lo largo del eje longitudinal del muro proyectado	Teck CdA - Wood	2021.Q2
		4.4	MP	Revisar el diseño del muro contemplando las condiciones de cierre	Wood	2021.Q2
		4.5	MO	Diseño para la reubicación del aforador de drenajes y su cañería de conducción hacia la planta concentradora	Wood	2021
		4.6	MO	Hacer un detalle de ingeniería para los empalmes del material de transición hacia los estribos norte y sur	Wood	2021.Q2
		4.7	MN	Diseño para la normalización de los afloramientos aguas abajo del MN, mediante una solución similar a la construida durante el año 2018, para los afloramientos y filtraciones aguas abajo del muro MNO	Wood	Finalizado
5	Monitoreo, Control y Vigilancia	5.1	TMF	Instalar piezómetros adicionales ubicados aguas arriba en la playa de relave y cercanos a los muros	Teck CdA - Wood	2021
		5.2	TMF	Para el monitoreo de los agrietamientos, las longitudes de playa, y aquellos sitios de difícil acceso, se recomienda la utilización de drones	Teck CdA	2021
		5.3	TMF	El objetivo de largo plazo de Teck para todas sus instalaciones de relaves, es que cada TMF alcance el estado landform, con todos los potenciales modos de falla finalmente reducidos a no creíbles	Teck CdA - Wood	Permanente
		5.5	BS	Las grietas en las plataformas deberán ser monitoreadas regularmente, hasta ser reparadas reconstruyendo el material de transición en la zona agrietada, antes que sea cubierto con relave y/o por la escorrentía superficial durante el periodo de lluvias	Teck CdA - Wood	Permanente
		5.6	BS	Ampliar el monitoreo de deformaciones y de piezometría	Teck CdA - Wood	2021
		5.7	TMF	Considerar una longitud de playa mínima de 100 m	Teck - Wood	Permanente

Nota: El plan de acción DSI 2020, presenta un 62% de cumplimiento (estatus Permanente / Finalizado), lo que se considera satisfactorio, dada la contingencia COVID 19.

9.6. Recomendaciones ATFI 2021

9.6.1. Longitud de Playas

Es importante mantener una longitud de playa adecuada para controlar las filtraciones por los muros y la saturación de la zona de transición. El ancho de la zona de transición fue diseñado en 3,0 m y fue construido a partir de la E2 de forma conservadora en un ancho de 4,0 m, por lo tanto no es de esperar que haya material de transición que fluya hacia el enrocado con una carga hidráulica baja.

Con una zona de transición debilitada, los relaves y el agua podrían fluir hacia el cuerpo del muro y verterse hacia aguas abajo, en caso de que hubiese agua acumulada (lagunas parasitas) con alta carga hidráulica, sin embargo, recientes estudios desarrollados por Wood, han demostrado que esto no es creíble.

El criterio de diseño de los muros se basa en tener al menos 100 m de playa en el frente del muro. El agua estancada (laguna parasita) en el talud aguas arriba del muro no es una condición aceptable y podría ocasionar una tubificación de material de transición y formar un hundimiento (sinkhole), tal como ocurrió en el año 2019, asociado a la estructura denominada acopio de Relaves U-V la que se encuentra apoyada sobre el estribo poniente del MN, sin formar parte de la estructura contenedora.

En el corto plazo, se recomienda priorizar la descarga de relaves desde el sector norte y centro de la TMF, de manera de disponer de playas altas en frente de aquellos muros sin impermeabilizar, como medida de control adicional ante la proximidad del periodo de precipitaciones (abril – octubre).

Del mismo modo, se recomienda movilizar el agua atrapada en pequeñas lagunas parásitas al pie del futuro MP, y en el sector de la descarga 6 de relaves, ambas, apoyadas contra el terreno natural.

Se tiene programada para el año 2021 la actualización del plan de depositación de la TMF; se recomienda optimizar la ubicación de las descargas adicionales de relaves propuestas por la actualización 2019 del plan.

Se recomienda analizar cómo afecta en el proceso de depositación, el aumento de la concentración en peso (Cp) de los relaves descargados y que se está implementando desde octubre, en la planta mediante el uso del reactivo Rheomax DR 1050, ver capítulo 2.2 (inclinación de playas / cantidad de agua libre disponible en la laguna de aguas claras).

9.6.2. Agrietamientos en la Zona de Transición

Durante la presente visita no se constata la presencia de grietas en los muros de la TMF, sin embargo se debe mantener el monitoreo, en el caso que vuelvan a aparecer.

Aun cuando la causa especifica de la formación de las grietas requiere de investigación, el control de calidad del material del relleno de transición y su construcción son importantes. En general, las grietas que aparezcan en el talud aguas arriba deben ser rellenadas con un material para sello para grietas (crack stopper) como lo son las arenas de tamaño fino o medio, y las grietas en las plataformas deberán ser monitoreadas regularmente y reparadas reconstruyendo el material de transición en la zona agrietada, antes que sea cubierto con relave y/o por la escorrentía superficial durante el periodo de lluvias.

9.6.3. Filtraciones

Se debe monitorear correctamente las tasas de filtraciones y tomar registro respecto de la duración y ubicación de la descarga operando, lluvias recientes, cota de relaves, cota de la laguna y calidad (principalmente cantidad de sedimento, turbiedad) del agua de la filtración. Piezómetros adicionales ubicados aguas arriba en la playa de relave y cercanos a los muros, podrían ayudar a entender el efecto de la ubicación de la descarga en filtraciones específicas, así como también la reducción de la elevación del nivel freático, a través de los muros.

9.6.4. MN – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido.

Se recomienda que el terreno natural sea mapeado geológica y geotécnicamente antes de colocar el relleno nuevo en los estribos.

9.6.5. MN – Aguas Abajo

Se debe regularizar la condición de los afloramientos no controlados aguas abajo del MN, replicando la solución construida durante el año 2018, para los afloramientos y filtraciones presentes aguas abajo del MNO.

Se debe reponer la placa en el aforador V – Notch, que recibe los drenajes desde el muro, ya que presenta filtración por la parte inferior.

Se debe canalizar el agua producto del nuevo afloramiento al pie del camino minero de accesos al MN, y bombearla hacia la piscina colectora de drenajes del MN.

Realizar geofísica en el sector del Water Pond 7.000 m^3 para agua Fresca, en busca de filtraciones que puedan explicar la aparición del nuevo afloramiento.

9.6.6. MNO – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido.

Se recomienda que el terreno natural sea mapeado antes de colocar el relleno nuevo en los estribos.

9.6.7. MNO – Aguas Abajo

Instalar el acelerógrafo recientemente suministrado por GeoMediciones, en la caseta destinada para la instrumentación en el sector El Churque. Desmontar el acelerógrafo que hoy está operativo dicha caseta, para instalarlo en la plataforma del TK-042 a la elevación de coronamiento de la E5 de crecimiento diferido.

Realizar mantención a la instalación denominada AFL - Poza y a su cañería de evacuación hacia la piscina colectora de drenajes. Se sugiere inyectar agua a presión de manera de liberar cualquier obstrucción que pudiera estar causando la humedad que se aprecia en las inmediaciones.

9.6.8. BS – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido.

Sellar con arena fina / media las grietas que se aprecian en la nariz del BS en el perímetro de la antigua plataforma a la El. Etapa 3 de crecimiento diferido, previo a su entrada en operación.

Monitorear con vuelo de dron, semanalmente el llenado con relaves de la plataforma a la El. de la Etapa 3 de crecimiento diferido sobre el BS.

Recuperar en el plazo inmediato la revancha de 3,0 m en el sector del rebose.

9.6.9. BS – Aguas Abajo

Retomar el monitoreo de nivel, con frecuencia semanal de la poza agua arriba de la piscina colectora en el sector del afloramiento Orica.

9.6.10. MO – Aguas Arriba

Se debe finalizar el relleno de transición correspondiente a la E4 de crecimiento diferido.

Se recomienda que el terreno natural sea mapeado antes de colocar el relleno nuevo en los estribos.

9.6.11. MO – Aguas Abajo

Sin observaciones.

9.6.12. MO(S) – Aguas Arriba

Finalizar la impermeabilización del muro estribo sur.

Analizar riesgo de la condición de montaje (arruga longitudinal) que se aprecia en el tramo central del muro (Fotografía 26).

9.6.13. MO(S) – Aguas Abajo

Sin observaciones.

9.6.14. MS – Aguas arriba y Estribo.

Finalizar la impermeabilización del estribo oriente, del estribo poniente y de la plataforma a la El. de coronamiento de la etapa 3 de crecimiento diferido; y

Una vez finalizada la impermeabilización de los estribos, se deberá sacar el aire atrapado debajo de la lámina en el tramo central del muro, mediante la habilitación de venteos, tal y como se hizo al término de la E3 de crecimiento diferido.

9.6.15. Trincheras.

En caso de que se deba dar continuidad a la operación de la trinchera con la actual posición del manifold de descarga del sistema de bombeo para el agua recuperada, se sugiere evaluar el uso de una cortina flotante (boyas, geotextil, plomo) u otro sistema equivalente (ataguías) para impedir la entrada de relaves al sector que pudiera interferir con la operación de las bombas. Se deberá evaluar el riesgo de no hacer estas obras y continuar con la operación tal y como se verificó al momento de la visita terreno.

9.6.16. MP – Fundaciones.

Desarrollar la campaña de sondajes que permitan ratificar / descartar la necesidad de tratamiento de la fundación del muro dada la condición fracturada y degradada que se parecía para la roca aflorante, sobre la cual se construirá el muro.

9.6.17. Monitoreo y control.

Analizar la posibilidad de habilitar un tercer acelerógrafo, esta vez instalado en roca, en el sector del Cerro Negro, hacia el poniente de la TMF en el área de seguridad destinada para la estación total robotizada del proyecto TAPD2017.

En el corto plazo se deben instalar los prismas distribuidos a la elevación de coronamiento de la E4 de crecimiento diferido, para retomar el monitoreo en tiempo real de los asentamientos.

9.6.18. Otros.

Formalizar la decisión de no perfilar la transición en los muros de los sectores norte y centro de la TMF mediante un documento firmado por el EoR.

10.0 ATFI 2022

La próxima Inspección Anual de Instalaciones de Relaves, se programa para los días 6 y 7 de diciembre, del año 2021.

11.0 ANEXOS

- Anexo A Registro Fotográfico
- Anexo B1 Registro de Inspección de Terreno: MN
- Anexo B2 Registro de Inspección de Terreno: MNO
- Anexo B3 Registro de Inspección de Terreno: BS
- Anexo B4 Registro de Inspección de Terreno: MO
- Anexo B5 Registro de Inspección de Terreno: MO(S)
- Anexo B6 Registro de Inspección de Terreno: MS
- Anexo B7 Registro de Inspección de Terreno: MP

Wood - División de Medio Ambiente e Infraestructura

ANEXO A
REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1: TMF, agua alejada de los muros – vista hacia el norte.

Fotografía 2: TMF, agua alejada de los muros – vista hacia el sur

Fotografía 3: MNO / BS, playa húmeda por operación D4A y Rebose – vista hacia el sur oriente.

Fotografía 4: BS, playa húmeda por operación Rebose – vista hacia el sur poniente.

Fotografía 5: BS, coronamiento E3, El. 1.149,5 msnm – vista hacia el norte.

Fotografía 6: BS, coronamiento E3, El. 1.149,5 msnm – vista hacia el sur poniente.

Fotografía 7: MN, construcción E4, transición sin perfilar.

Fotografía 8: MN, coronamiento E4, El. 1.162,5 msnm – vista hacia el oriente.

Fotografía 9: BS, sector descarga rebose.

Fotografía 10: MNO, Talud aguas arriba E4, capa 24 relleno de transición– vista hacia el oriente.

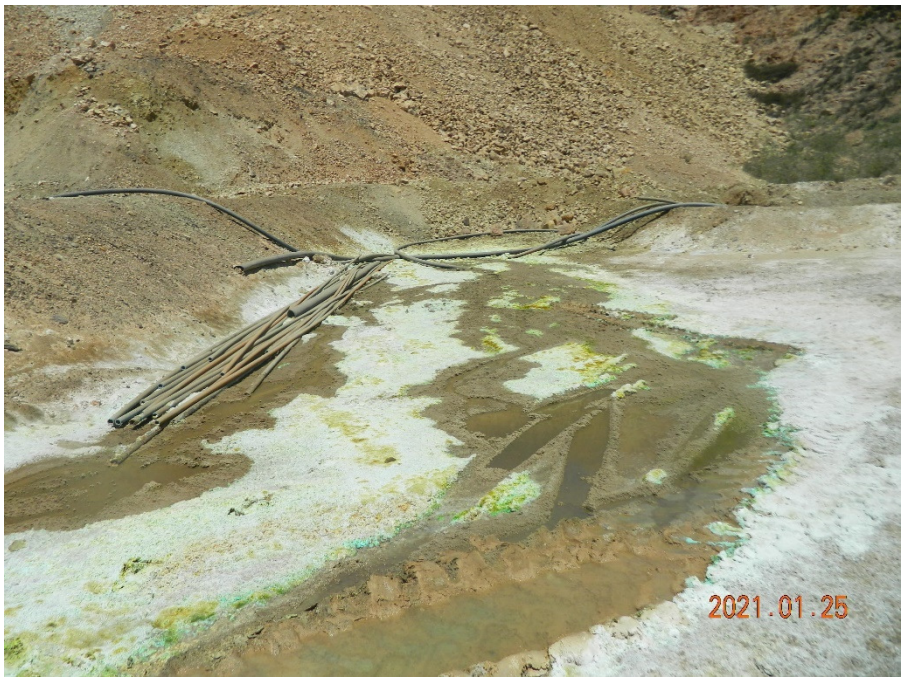
Fotografía 11: MNO, Talud aguas arriba E4, capa 19 relleno de transición– vista hacia el oriente.

Fotografía 12: MNO, Talud aguas arriba E4, capa 19 relleno de transición– vista hacia el norte.

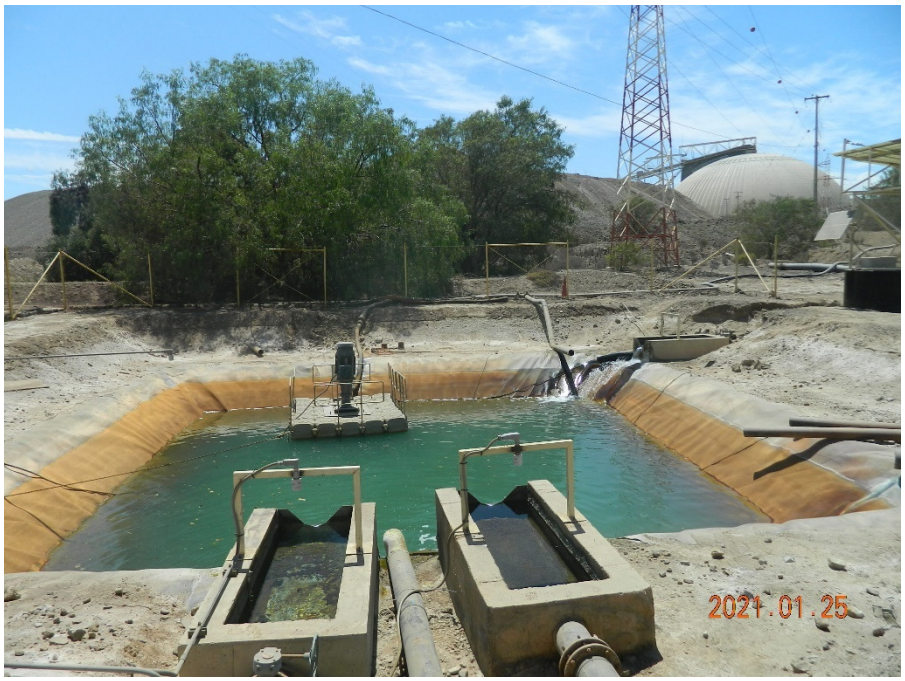
Fotografía 13: MNO, Estribo sur, relleno masivo – construcción aguas abajo.

Fotografía 14: MN, Piscina colectora de drenajes aguas abajo.

Fotografía 15: MN, Afloramientos aguas abajo.



Fotografía 16: MNO, Afloramientos aguas abajo, sector Poza - AFL.



Fotografía 17: MNO, Piscina colectora de drenajes, aguas abajo.

Fotografía 18: BS, Agrietamiento Pl. operacional El. 1.149, 5 msnm – vista hacia el oriente.

Fotografía 19: BS, Agrietamiento Pl. operacional El. 1.149, 5 msnm – vista hacia el poniente

Fotografía 20: MO / BS, Panorámica - vista desde el estribo sur hacia el norte.

Fotografía 21: MO, Talud aguas arriba relleno de transición, estribo sur – vista hacia el norte.

Fotografía 22: MO, Coronamiento E4 relleno masivo, estribo norte – vista hacia el norte.

Fotografía 23: MO, Terreno natural, estribo sur – detalle.

Fotografía 24: MO(S), Talud aguas arriba E4, impermeabilización con liner – vista hacia el norte.

Fotografía 25: MO(S), Talud aguas arriba E4, impermeabilización con liner – vista hacia el oriente

Fotografía 26: MO(S), Arruga en liner, hacia el estribo sur.

Fotografía 27: MS, Talud aguas arriba E4, y playa – vista hacia el poniente.

Fotografía 28: MS, Talud aguas arriba E4, y playa – vista hacia el oriente.

Fotografía 29: Trinchera N° 8, para recuperación de agua, plataforma decomisionada

Fotografía 30: Trinchera N° 8A, para recuperación de agua, manifold reubicado.

Fotografía 31: MP, pie Etapa 4 - escarpe.

Fotografía 32: MP, traza muro – escarpe.

Fotografía 33: MO, Aguas Abajo – mejora camino de acceso dren central.

Fotografía 34: MO, Aguas Abajo, dado de hormigón, protección cañería descarga dren central.

Fotografía 35: MO, Aguas Abajo, Aforador (V-Notch).

Fotografía 36 BS / MNO, Aguas Abajo – filtraciones y piscina colectora y de monitoreo

ANEXO B1
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MN

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	Norte (MN)	Fecha de Inspección	25/01/21

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	C. Sepúlveda	Otros	D. TAPIA; M. Barrientos; J. Pottic; A. MOLINA.
Representante Wood	L. ALVAREZ		

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha ~~1157,76~~ 1159.10 (mínima El. FRSC) - 1148,71 = ~~9,05~~ 10,39 [m]

El. Coronamiento 1162,50 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 1162,50 - ~~1145,432~~ 1145.168 = ~~17,07~~ 17,33 m [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☒	STAND BY R. TRANSICIÓN. CAPA #24 El. 1159,10 mismam.
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☐	

ESTRIBO ~~PONIENTE~~ ORIENTE HACIA MNO

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	ex DS. I / TFI. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MN 1/8

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	• R. TRANSICIÓN. S/O. ESTRIBO DERECHO LA TRANSICIÓN ESTA CONSTRUIDA HASTA LA CAPA. 24/33.	
1.2	Erosion Superficial		S.	• No presenta.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
1.4	Sinkholes		S.	• No presenta.	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta.	
1.6	Escombros		S.	• No presenta.	
1.7	Vegetación		S.	• No presenta.	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	• No presenta.	
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: S/O: SIN OBSERVACIONES. TALUD PERFILADO PARCIALMENTE, 1/3 APROX., NO SE CONTINUARÁ CON EL PERFILADO. FINALIZAR R. TRANSICIÓN EN EL ESTRIBO DERECHO.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MM2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		S.	• No Presente.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		S.	• No Presente.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S	• No Presente	
2.4	Sinkholes		S.	• No Presente.	
2.5	Desplazamientos Laterales		S.	• No Presente.	
2.6	Protección Superficial		S.	• R. TRANSICIÓN.	
2.7	Erosión		S.	• No Presente.	
2.8	Vegetación		S.	• No Presente.	
2.9	Madrigueras de animales		S.	• No Presente.	

Notas: SIN EVIDENCIA DE GRIETAS, A DIFERENCIA DE AÑOS ANTERIORES
SE DEBERÁ REPONER LOS PRISMAS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MN 3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud		S.	• R. MACIVO.	
3.2	Erosion Superficial		S.	• No presente	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente.	
3.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
3.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presente.	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S	• No presente.	
3.7	Vegetación		F.	• Arbustos reportados en talud.	
3.8	Madrigueras de animales		S.	• No presente.	
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas: ~~LOS ARCOS~~

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MW 4/8

Teck wood.

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial		S.	• S/O	
4.2	Vegetación y Escombros		F.	• escasa vegetación en zona. en area por escarpar	
4.3	Protección del talud		S.	• R. masivo.	
4.4	Desplazamientos		S.	• No presenta	
4.5	Erosión		S.	• No presenta.	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presenta.	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: S/O.: sin observaciones.
AL MOMENTO DE RETOMAR EL TRABAJO EN EL RELLENO MASIVO, SE DEBE ESCARPAR

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MN 5/8

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial		S.	• S/O.	
5.2	Vegetación y Escombros		S.	• ESCASA Vegetación en el ÁREA ENAMEA X ESCARPAR	
5.3	Protección del talud		S.	• R. MASIVO.	
5.4	Desplazamientos		S.	• No Presente.	
5.5	Erosión		S.	• No presente.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente.	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: S/O: Sin observaciones.
SE DEBE ESCARPAR, PREVIO A RETOMAR LOS TRABAJOS CON RELLENO MASIVO

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MA/GAB

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas		P.	- Afloramiento pie camino minero; Q = 0,463 l/s - Afloramiento aguas abajo pata muro; Q = 0,1151 l/s. DISMINUYE EL FLUJO RESPECTO A LA INSPECCIÓN 2020.	
6.2	Signos de Inestabilidad		S.	• No presente.	
6.3	Vegetación		F.	• escasa vegetación en el talud.	
6.4	Otras condiciones inusuales			• SE DEBE NORMALIZAR LA CONDICIÓN DE AFLORAMIENTOS AGUAS ABAJO DEL MURO • SE RECOMIENDA REALIZAR GEOFÍSICA EN EL SECTOR DE LA PSC. 7.000 m3 (AGUA FRESCA)	

Notas:
- Se debe tratar para recuperar el agua del afloramiento del pie camino minero (nuevo)
- PLACA AFORADORA CON FILTRACIONES. SE DEBE REPARAR.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MM 7/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros		S.	• lectura realizada el DOMINGO 24.01.21 sin OBSERVACIONES. PE015-PE016	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores		U.	• Aforador con filtración No contiene el agua No cumple las dimensiones del aforador Q = 0,025 l/s.	
7.4	Otros				
Notas:					

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

ANEXO B2
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MNO

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	Nororiente (MNO)	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	C. Sepúlveda.	Otros	D. Tapia; M. Barrientos
Representante Wood	L. Alvarez		J. Pottie; A. Molina.

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha ~~1157,10~~ 1153,9 (mínima TRSC) - 1149,25 = ~~7,85~~ 4,65 m [m]

El. Coronamiento 1161,00 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento ~~17,07~~ ~~17,33 m~~ 15,83 m. [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☒	stand by construcción R. Transición
Impermeabilización	☐	capa #24, El. 1151,10 (0+280-0+720); capa #19, El 1157,10 (0+720-0+1000)
Descarga	☐	capa #..., El. ~~1153,90~~ (1+000 - 1+160) ~~capa #19~~
Otro	☐	~~#19~~ 1153,90 msnm

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	ex D.S.I / TF1. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MNO 1/8

Teck wood.

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	• R. TRANSICIÓN HACIA EL ESTRIBO SUR CONSTRUIDO CAPA #11/33 HASTA CAPA #19/33, RESTO DEL MURO HASTA CAPA # 24/33 (HACIA EL PONIENTE	
1.2	Erosion Superficial		S.	• No presenta.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
1.4	Sinkholes		S.	• No presenta	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta.	
1.6	Escombros		S.	• No presenta	
1.7	Vegetación		S.	• No presenta.	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	• No presenta	
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: EL TALUD NO SE ENCUENTRA PERFILADO. CAMBIO DE DISEÑO QUE DEBE SER DOCUMENTADO x EL EOR. SE DEBE FINALIZAR R. TRANSIÓ

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

SE DEBEN REPONER LOS PRISMAS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS ETAPA 4

MNO 2/8

Page 2 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		S.	• No presente.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		S.	• No presenta. SALVO PEQUEÑO AGRIETAMIENTO EN SECTOR DE LA DAA.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S	• No presenta	
2.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
2.5	Desplazamientos Laterales		S.	• No presente	
2.6	Protección Superficial		S.	• R. Transición	
2.7	Erosión		S.	• No presente.	
2.8	Vegetación		S.	• No presente.	
2.9	Madrigueras de animales				

Notas: SIN EVIDENCIA DE GRIETAS, A DIFERENCIA DE AÑOS ANTERIORES, SALVO GRIETAS SUPERFICIAL HACIA EL HOMBRO DEL RELLENO EN DAA.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MM03/8

Teck wood.

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud		S.	• R. MASIVO.	
3.2	Erosion Superficial		S.	• No presenta.	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
3.4	Sinkholes		S.	• No presenta.	
3.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas		F.	• Filtraciones: 1) afloramientos conducidos y atorados en piscina filtraciones sector El Churque	
3.7	Vegetación		F.	• Vegetación presente en talud	
3.8	Madrigueras de animales		S.	• No presenta	
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MNO 4/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial		5.	• R. MASIVO. Sin observaciones.	
4.2	Vegetación y Escombros		5.	• No presente.	
4.3	Protección del talud		5.	• R. MASIVO	
4.4	Desplazamientos		5.	• No presente	
4.5	Erosión		5.	• No presente	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas		5.	• No presente.	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial		S.	• R. MASIVO. SIN OBSERVACIONES	
5.2	Vegetación y Escombros		S.	• No presente.	
5.3	Protección del talud		S.	• R. MASIVO.	
5.4	Desplazamientos		S.	• No presente	
5.5	Erosión		S.	• No presente.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente.	
5.7	Otras condiciones inusuales				
Notas: (Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)					

MAO 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• 1) AFORAMIENTO; Q = 5,00 l/s ; 3) Drenaje MURO Q = 4,42 l/s 2) AFORAMIENTO POZA = 3,99 l/s. - Ambos conducidos HACIA AFORADORES en PISCINA Drenaje MNO en el CHUNCHE.	
6.2	Signos de Inestabilidad		S.	• No presenta.	
6.3	Vegetación		F.	• Vegetación presente hacia EL CHUNCHE.	
6.4	Otras condiciones inusuales			- HUNDIMIENTO AL PIE DEL Co. ARENAS C/AGUA EN EL FONDO, AL IGUAL QUE EL AÑO PASADO. - ES XISTE PRESENCIA DE AGUAS EN LOS AFORADORES DESTINADOS A AFLORAMIENTOS Y AFL-POZA, NO ASÍ EN EL AFORADOR CORRESPONDIENTE A LOS DRENAJES DE LOS MUROS	

Notas: • LIMPIAR CANALETAS de drenaje de Aforamientos para regulación caudales y EVITAR rebose de la POZA.-AFL.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MM07/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros		5.	• lectura Mensual día: 24.01.21 Sin observaciones PE: 003-004-005-006-019 PE020 NO registra lectura bruta de ctte Piezométrica	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores		5.	- Aforo Dren: 4,42 l/s. - Aforo Poza: 3,99 l/s. - Aforo Afloa: 5,00 l/s. - Se debe verificar funcionamiento de Medidores de caudal presentes en cada Aforador por entrega de lecturas que difieren con los obtenidos por Reglas limnimétricas.	
7.4	Otros			* Recomendación de Parte de J. Lattie para instalación de Acelerógrafo en Roca.	

Notas: • Pendiente construcción dado hormigón sobre piezometros expuestos a la intemperie.
• SE REQUIERE RETIRAR SISMOGRAFO EXISTENTE, UBICAR EN PL. TR-042 Y MONTAR SISMOGRAFO RECIENTE ADQUIRIDO EN CASETA.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

ANEXO B3
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
BS

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	Botadero Inn.	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	C. Sepúlveda R.	Otros	D. TAPIA; M. Barrientos
Representante Wood	L. Alvarez L.		J. Pettie; A. Molina

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168. [msnm] Revancha 1153,90 - 1150,10 : 3,8 [m]

El. Coronamiento 1161,00. [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 17,07 [m]

~~17,33 m~~ 15,83 m

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☒	STANDBY CONSTRUCCIÓN R. TRANSICIÓN; CODA #M
Impermeabilización	☐	El. 1153,90 (1+160 - 1+360).
Descarga	☐	
Otro	☐	

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	ex U.S.I / TF1. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

BSV8

Teck wood.

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	R. TRANSICIÓN. HASTA EL 1153,90 m.s.n.m EN SECTOR DEL REBOSE	
1.2	Erosion Superficial		S.	• No presenta. 11 CAPAS DE 33.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
1.4	Sinkholes		S.	• No presenta.	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta.	
1.6	Escombros		S.	• No presenta	
1.7	Vegetación		S.	• No presenta. EL RELLENO DE TRSC/EXISTE VEGETACION EN EL TALUD DEL RELLENO MASIVO.	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	No presenta. QUE DEBE SER RETIRADO	
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: • SE DEBE FINALIZAR EL RELLENO DE TRSC. RELATIVO A LA E3 DE CRECIMIENTO DIFERIDO.
• DURANTE EL MES DE ENERO, SE INFORMA DE LA OPERACIÓN CASI PERMANENTE DEL REBOSE, LO QUE HA HECHO DISMINUIR LA REVANCHA EN DICHO SECTOR PUNTUAL. SE DEBE REPONER LA REVANCHA EN EL PLAZO MÁS RAPIDO POSIBLE

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS 2/8

Teck wood.

Teck SE DEBEN REPONER LOS PRISMAR PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		S.	• No presenta.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		S.	• No presenta.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
2.4	Sinkholes		S.	• No presenta.	
2.5	Desplazamientos Laterales		S.	• No presenta.	
2.6	Protección Superficial		S.	• R. Transición	
2.7	Erosión		S.	• No presenta.	
2.8	Vegetación		S.	• No presenta.	
2.9	Madrigueras de animales		S.	• No presenta.	

Notas: • Se debe realizar construcción de capas de R. transición para recuperar la revancha en sector tubería de evacuación de relave en Rebose.

BS/8 3

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

• SE DEBE SELLAR C/ARENA LOS AGRIETAMIENTOS REMANENTES EN LA NARIZ DEL BS, SOBRE LA EL. DE LA ANTIGUA PL. DE OPERA Ø AL CORONAMIENTO DE LA ETAPA 3 DE CRECIMIENTO DIFERIDO. LA PLATOFORMA NUEVA, NO PRESENTA AGRIETAMIENTO

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud		S	—	
3.2	Erosion Superficial		S	—	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S	—	
3.4	Sinkholes		S	—	
3.5	Grietas / desplazamientos		S	—	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S	—	
3.7	Vegetación		✓	—	
3.8	Madrigueras de animales		S	—	
3.9	Angulo		S	—	
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS 4/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial		S	—	
4.2	Vegetación y Escombros		S	—	
4.3	Protección del talud		S	—	
4.4	Desplazamientos		S	—	
4.5	Erosión		S	—	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S	—	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS JV/B

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial		S	—	
5.2	Vegetación y Escombros		S	—	
5.3	Protección del talud		S	—	
5.4	Desplazamientos		S	—	
5.5	Erosión		S	—	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S	—	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS/6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas		S	—	
6.2	Signos de Inestabilidad		S	—	
6.3	Vegetación		S	—	
6.4	Otras condiciones inusuales		S	—	

Notas: SE DEBE RETOMAR MONITOREO ~~POZA~~ SECTOR ORICA (AGUAS ARRIBA PSC. ORICA)

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS 7/8

Teck wood.

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros		S.	• Piezómetros fibra óptica operativos: 6.1: lectura sin observaciones. 6.2: lectura tendencial ALZA.	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores				
7.4	Otros			SE RECOMIENDA MONITOREAR CON VUELO DE DRON EL LLENADO DE LA PL. A LA EL. DE LA ETAP 3 DE CRECIMIENTO DIFERIDO, SEMANAL %. SI EVIDENCIA DE HUNDIMIENTOS DURANTE EL LLENADO INICIAL DE LA PLATAFORMA.	

Notas: SE DEBE MONITOREAR DIARIAMENTE EL COMPORTAMIENTO DEL PIEZOMETRO FO D.H6 (6200) PROFUNDO.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

BS 8/8

ANEXO B4
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MO

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	oriente.	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	C. Sepulveda R	Otros	D. Tapia; Marco Barrientos
Representante Wood	L. Alvarez L.		J. Pottie; A. Molina

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha ~~1155,50 - 1149,97: 5,53~~ 1153,9 (+ Insc. Punto + Bajo) 3,93 m [m]

El. Coronamiento 1161,00 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento ~~17,07~~ ~~11,33 m~~ → 15,83 m [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☒	Stand by Construcción R. Transición: Capa #15.
Impermeabilización	☐	El. 1155,50. (1+440 - 2+000). ; Capa #11 El. 1153,90
Descarga	☐	(1+360 - 1+440)
Otro	☐	

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	C+D. S.I. / TF1. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MO 1/8

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	• R. Transición	
1.2	Erosion Superficial		S.	• No presenta.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presenta.	
1.4	Sinkholes		S.	• No presenta	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta.	
1.6	Escombros		S.	• No presenta.	
1.7	Vegetación		S.	• No presenta	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	• No presenta	
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO 2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		S.	• No presente.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		S.	• No presente.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente	
2.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
2.5	Desplazamientos Laterales		S.	• No presente.	
2.6	Protección Superficial		S.	• No presente.	
2.7	Erosión		S.	• No presente.	
2.8	Vegetación		S.	• No presente.	
2.9	Madrigueras de animales		S.	• No presente.	

Notas: SE DEBEN RETIRAR LOS PRISMAS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO 3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud		S.	• R. MASIVO.	
3.2	Erosion Superficial		S.	• No presente.	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente.	
3.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
3.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presentes.	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente.	
3.7	Vegetación		S.	• No presente.	
3.8	Madrigueras de animales		S.	• No presente.	
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

M04/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial		S.	- R. MASIVO: SIN OBSERVACIONES	
4.2	Vegetación y Escombros		S.	- NO PRESENTE.	
4.3	Protección del talud		S.	- NO PRESENTE.	
4.4	Desplazamientos		S.	- NO PRESENTE.	
4.5	Erosión		S.	- NO PRESENTE.	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	- NO PRESENTE.	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MOD/8

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial		5.	• R. MASIVO: sin observaciones	
5.2	Vegetación y Escombros		5.	• No presente.	
5.3	Protección del talud		5.	• No presente.	
5.4	Desplazamientos		5.	• No presente.	
5.5	Erosión		5.	• No presente	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas		5.	• No presente.	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: SE DEBE INVESTIGAR EL TALUD DEL MURO SUR, DE ACUERDO A RECOMENDACION DS1.2020 (AÑO 2019).

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente. ~~ATOMADOR PRESENTA FLUJO~~ BAJO A BAJO ATRIBUIBLE A DRENAJE DE PILA DE LIXIVIADO	
6.2	Signos de Inestabilidad		S.	• No presente.	
6.3	Vegetación		S.	• No presente.	
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas: SE APRECIA QUE LA TUBERIA DE DESCARGA DEL DREN CENTRAL DEL MURO, HA SIDO REPARADA SEGÚN RECOMENDADO DSI. 2019 (AÑO 2018)

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

M07/B

Teck wood.

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros		S.	• lectura semanal realizada día 24.01.21. lecturas sin observaciones. PE:009-009A-010.	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores		P.	- Aforador no operativo. Presenta un caudal escaso que no se puede aforar.	
7.4	Otros				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO8/8

ANEXO B5
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MO(S)

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	Oriente Sur.	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	C. Sepúlveda R.	Otros	D. Tapia; M. Barrientos
Representante Wood	L. Alvarez L		J. Pottie; A. Molina

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha 1162,5 - 1150,07 : 12,43 [m]

El. Coronamiento 1162,50. [msnm] Δ Laguna / Coronamiento ~~17,07~~ [m]

17,33 m

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☐	
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☒	Relleno zanja anclaje geosintéticos estribo Norte.

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	ex D.S.I. / TF1. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MO(S) 1/8

Teck wood.

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	• Impermeabilizado con Geomembrana HDPE	ē = 1,5 mm.
1.2	Erosion Superficial		S.	• No presente.	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente.	
1.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presente.	
1.6	Escombros		S.	• No presente	
1.7	Vegetación		S.	• No presente.	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	• No presente.	
1.9	Otras condiciones inusuales			• se observa pliegues presentes en geomembrana. • se debe realizar trabajo por eliminarlos. • lo anterior se localiza en sector sur del Talud del muro. ANALIZAR EN DETALLE SI EXISTE ALGÚN RIESGO.	

Notas:
PLATAFORMA Y TALUD IMPERMEABILIZADO EN UN 99%.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO(S) 2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		5.	• No presente.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		5.	• No presente.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		5.	• No presente.	
2.4	Sinkholes		5.	• No presente.	
2.5	Desplazamientos Laterales		5.	• No presente.	
2.6	Protección Superficial		5.	• No presente.	
2.7	Erosión		5.	• No presente.	
2.8	Vegetación		5.	• No presente.	
2.9	Madrigueras de animales		5.	• No presente.	

Notas: SE DEBEN REPONER LOS PILOTINES PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MOLS) 3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud		S.	• R. MACIZO.	
3.2	Erosion Superficial		S.	• No presente	
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente.	
3.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
3.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presente	
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente.	
3.7	Vegetación		S.	• No presente.	
3.8	Madrigueras de animales		S.	• No presente	
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO(S) 4/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial		S.	• R. MASIVO. SIN OBSERVACIONES	
4.2	Vegetación y Escombros		S.	• No presente.	
4.3	Protección del talud		S.	• R. MASIVO.	
4.4	Desplazamientos		S.	• No Presente.	
4.5	Erosión		S.	• No Presente.	
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No Presente.	
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: • Pendiente construcción relleno ZANJOS de ANCLAJE. Geosintéticos. estribo. SE DEBE FINALIZAR.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MOLS) J/B

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial		S.	• Masivo; sin observaciones.	
5.2	Vegetación y Escombros		S	• No presente.	
5.3	Protección del talud		S.	• R. Masiva	
5.4	Desplazamientos		S.	• No presente	
5.5	Erosión		S.	• No presente.	
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presente	
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: • Pendiente construcción rellenos ZARANDO ANCHO geosintéticos en este nivel.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MOS) 6/8

Teck wood.

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas		S.	• No presenta	
6.2	Signos de Inestabilidad		S.	• No presenta.	
6.3	Vegetación		S.	• No presenta	
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas: • Pendiente construcción Dren central que conecta a Dren MO.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MO(S) 7/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros		5.	• lectura semanal día 24.01.21. Sin observaciones. PE.: 013-014.	
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores				
7.4	Otros				
Notas: (Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)					

MOS) 8/8

ANEXO B6
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MS

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	5 mm.	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor: C. Sepulveda R. — Otros: D. Tapia; M. Parrientos; J. Pottie; A. Molina.
Representante Wood: L. Alvarez R.

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☒ Abandonado ☐ Notas:

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha 1149,5 – 1147,95 : 1,55 [m]
El. Coronamiento 1162,50 [msnm] Δ Laguna / Coronamiento 17,05 [m]
17,33 m

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro
Aguas Abajo ☒

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo	☐	
Relleno Transición	☐	
Impermeabilización	☐	
Descarga	☐	
Otro	☒	Impermeabilización Berma Plataforma El. 1149,50 msnm.

Razón de la Inspección

Rutinaria	☐	
Condición Especial	☒	ET AJI. / TFI. 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MS 1/8

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud		S.	• Impermeabilizado con geomembrana HDPE; e: 1,5 mm.	
1.2	Erosion Superficial		S.	- No presente	
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente	
1.4	Sinkholes		S.	• No presenta.	
1.5	Grietas / desplazamientos		S.	• No presenta.	
1.6	Escombros		S.	• No presente	
1.7	Vegetación		S.	• No presente.	
1.8	Evidencia de nivel freatico alto		S.	• No presente.	
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: PLATAFORMA Y TALUD IMPERMEABILIZADA EN UN 90%. ~~SE DEBE FINALIZAR~~ SE DEBE FINALIZAR LA IMPERMEABILIZACIÓN, PARA RECUPERAR REVANCHA EN EL SECTOR DE LA D8.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

NS 2/8

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales		S.	• No presente.	
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales		S.	• No presente.	
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos		S.	• No presente.	
2.4	Sinkholes		S.	• No presente.	
2.5	Desplazamientos Laterales		S.	• No presente.	
2.6	Protección Superficial		S.	• No presente.	
2.7	Erosión		S.	• No presente.	
2.8	Vegetación		S.	• No presente.	
2.9	Madrigueras de animales		S.	• No presente.	

Notas: • Pendiente construcción de ZANJAS de ANCLAJE geotextiles estribos oriente y poniente.

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

~~SE DEBERÁ~~ DEPONER LOS PRISMAS PARA CONTROL DE ASENTAMIENTOS

MS 3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud				
3.2	Erosion Superficial				
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
3.4	Sinkholes				
3.5	Grietas / desplazamientos				
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
3.7	Vegetación				
3.8	Madrigueras de animales				
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas: PENDI

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MS 4/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial				
4.2	Vegetación y Escombros				
4.3	Protección del talud				
4.4	Desplazamientos				
4.5	Erosión				
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: PENDIENTE IMPERMEABILIZADO ESTRIBO SE DEBE TERMINAR

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MS JB

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial				
5.2	Vegetación y Escombros				
5.3	Protección del talud				
5.4	Desplazamientos				
5.5	Erosión				
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas: PODRIENTE IMPERMEABILIZADO ESTRIBO DEBE TERMINAR

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MS 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas				
6.2	Signos de Inestabilidad				
6.3	Vegetación				
6.4	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MS 7/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros				
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores				
7.4	Otros				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MS 8/8

ANEXO B7
REGISTRO DE INSPECCIÓN DE TERRENO
MP

Teck wood.

Teck wood.

Proyecto #	E40221	Ubicación	Teck - CdA
Muro	Poniente	Fecha de Inspección	25/01/21.

Completar todas las entradas de las fichas de inspección. Se deben describir las condiciones adversas. Se puede adjuntar información adicional en páginas aparte.

Personal

Supervisor	L. Sepulveda R.	Otros	D. Tapia; M. Barrientos
Representante Wood	L. Alvarez L.		J. Pottie, A. Molina

Clima

	Actual	3 días atrás	2 semanas atrás
Seco	☒	☒	☒
Neblina	☐	☐	☐
Lluvia	☐	☐	☐
Lluvia Intensa	☐	☐	☐

Condición del Muro

Operando ☐ Abandonado ☐

Notas: No se ha iniciado construcción del muro. Sólo se ha realizado trabajo de preparación de terreno.

Información del Muro

El. Laguna 1145,168 [msnm] Revancha — [m]

El. Coronamiento — [msnm] Δ Laguna / Coronamiento — [m]

Metodo de Constructivo del Muro

Eje central ☐ Otro

Aguas Abajo ☐

Actividades de Construcción / Operación Local

Relleno Masivo ☐

Relleno Transición ☐

Impermeabilización ☐

Descarga ☐

Otro ☒ - Se debe realizar exploraciones geotécnicas para considerar el tratamiento a seguir.

Razón de la Inspección

Rutinaria ☐

Condición Especial ☒ ∝ D.S.I / TFI: 2021

Nomenclatura Puntaje

S = Satisfactorio. Cumple intención de diseño,
F = Apropiado. Cumple intención de diseño. Mantención / Estudio requerido,
P = Pobre. Puede que no cumpla inención de diseño. Reparación / Modificación requerida,
U = Insatisfactorio. No cumple intención de diseño. Reparación / reemplazo requerido,
N = Sin Inspeccionar.

MP 1/8

Page 1 Formulario de inspección de Muros Teck CdA-Wood.xls

Teck wood.

1. Talud Aguas Arriba / Playa de Relaves

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
1.1	Protección del Talud				
1.2	Erosion Superficial				
1.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
1.4	Sinkholes				
1.5	Grietas / desplazamientos				
1.6	Escombros				
1.7	Vegetación				
1.8	Evidencia de nivel freatico alto				
1.9	Otras condiciones inusuales				

Notas: SE DEBE DESARROLLAR LA CAMPAÑA DE SONDAJES PARA RATIFICAR/DESCARTAR LA NECESIDAD DE TRATAMIENTO DE LA FUNDACIÓN DEL MURO DADA LA CONDICIÓN FRACTURADA Y DEGRADADA CON QUE SE APRECIA LA ROCA APLONANTE SOBRE LA CUAL SE CONSTRUIRÁ EL MURO, MP 2/8

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

Teck wood.

2. Coronamiento

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
2.1	Grietas Superficiales Transversales				
2.2	Grietas Superficiales Longitudinales				
2.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
2.4	Sinkholes				
2.5	Desplazamientos Laterales				
2.6	Protección Superficial				
2.7	Erosión				
2.8	Vegetación				
2.9	Madrigueras de animales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP3/8

Teck wood.

3. Talud Aguas Abajo

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
3.1	Protección del Talud				
3.2	Erosion Superficial				
3.3	Asentamientos superficiales / hundimientos				
3.4	Sinkholes				
3.5	Grietas / desplazamientos				
3.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
3.7	Vegetación				
3.8	Madrigueras de animales				
3.9	Angulo				
3.10	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP 4/8

Teck wood.

4.Estribo Izquierdo del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
4.1	Condición Superficial				
4.2	Vegetación y Escombros				
4.3	Protección del talud				
4.4	Desplazamientos				
4.5	Erosión				
4.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
4.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP/58

Teck wood.

5. Estribo Derecho del Muro (mirando hacia aguas abajo)

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
5.1	Condición Superficial				
5.2	Vegetación y Escombros				
5.3	Protección del talud				
5.4	Desplazamientos				
5.5	Erosión				
5.6	Filtraciones / Superficies húmedas				
5.7	Otras condiciones inusuales				

Notas:

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP 6/8

Teck wood.

6. Drenaje Aguas Abajo y Obras Colectoras de Filtraciones

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
6.1	Filtraciones / Superficies húmedas				
6.2	Signos de Inestabilidad				
6.3	Vegetación				
6.4	Otras condiciones inusuales				
Notas:					

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP 7/8

Teck wood.

7. Instrumentación

#	Item	rev.	Condición		
			Puntaje	Comentarios / Descripción	Foto #
7.1	Piezómetros				
7.2	Monolitos				
7.3	Aforadores				
7.4	Otros				
Notas:					

(Si el espacio no es suficiente, continue en otra página)

MP 8/8