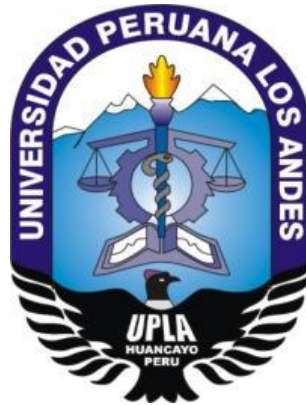


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE EN EL
DEPOSITO DE RELAVE DE LA MINERA SANSIL -
PRIMERA ETAPA, AÑO 2018”**

PRESENTADO POR:

Bach. Mc. Brayan Pacheco Vergara

Línea de investigación Institucional: Salud y Gestión de la Salud

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

HUANCAYO - PERÚ

2021

ASESOR

Ing. Carlos Gerardo, FLORES ESPINOZA

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia que con su apoyo lograron sembrar la fuerza necesaria para acabar este largo camino, que hoy veo forjado, a ti Señor de los Cielos por no cerrar nunca las puertas y brindarme la oportunidad de vida y esperanza cada día, a mi Facultad que con sus profesores lograron implantar el conocimiento necesario para emprender la vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre por confiar firmemente en mis capacidades y nunca dejar que desmaye, a mi hermana por estar presente en los momentos que más la necesite, a todas las personas maravillosas que conocí y por supuesto los docentes que compartieron su conocimiento en las aulas les estaré eternamente agradecido.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. RUBÉN DARÍO, TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

MG. MIGUEL ÁNGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

Contenido

ASESOR	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	xviii
ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	xx
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	xxi
CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1. Ambiental y Social.....	3
1.3.2. Científica o Teórica.....	3
1.3.3. Metodológica.....	4
1.4. DELIMITACIONES.....	4
1.4.1. Espacial.....	4
1.4.2. Temporal.....	4
1.4.3. Conceptual.....	4
1.4.4. Económicas.....	4
1.5. LIMITACIONES.....	6
1.6. OBJETIVOS.....	6
1.6.1. Objetivos General.....	6
1.6.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. DATOS GENERALES.....	7
2.1.1. Actividad de la mina “SANSIL”.....	7
2.1.2. Ubicación del Depósito de Relave - Mina “SANSIL”.....	7
2.2. ANTECEDENTES.....	9
2.2.1. Internacionales.....	9
2.2.2. Nacionales.....	11
2.3. BASES TEÓRICAS.....	14
2.3.1. Conceptos básicos sobre los depósitos de relave.....	14

2.3.2.	Conceptos básicos en la estabilidad.	36
2.3.3.	Normatividad.	60
2.3.4.	Definición de Términos.	61
2.4.	HIPÓTESIS.	65
2.4.1.	Hipótesis General.	65
2.4.2.	Hipótesis Específicos.	65
2.5.	VARIABLES.	65
2.5.1.	Definición Conceptual de la Variable.	65
2.5.2.	Definición Operacional de la Variable.	66
2.5.3.	Operacionalización de la Variable.	67
CAPITULO III: MÉTODOLOGÍA		68
3.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.	68
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	68
3.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN.	68
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.	68
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA.	69
3.5.1.	Población.	69
3.5.2.	Muestra.	69
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	69
3.7.	PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.	70
3.8.	TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.	71
CAPITULO IV: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE DEL DEPOSITO DE RELAVE DE LA MINERAL "SANSIL".....		72
4.1.	CRITERIOS DE DISEÑO.	72
4.1.1.	Criterio de diseño a tomar en cuenta.	72
4.2.	FLUJO DE DESCARGA AL EMBALSE (BALANCE DE AGUAS).	91
4.3.	CAPAS DE RELAVE.	94
4.4.	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICO.	95
4.4.1.	Investigación geotécnica de campo.	95
4.5.	ENSAYOS DE LABORATORIO.	96
4.5.1.	Ensayos estándar de mecánica de suelos.	96
4.5.2.	Ensayos de compactación.	97
4.5.3.	Ensayo de resistencia cortante.	97
4.5.4.	Perfil stratigráfico.	99
4.6.	PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE MATERIALES.	99
4.7.	ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE.	100
4.7.1.	Criterios de análisis utilizado.	100

4.7.2.	Sección de análisis.....	100
4.7.3.	Factores de seguridad mínimos requeridos.....	104
4.8.	MODELAMIENTO CON EL PROGRAMA SLIDE v.6.0 DE LAS SECCIONES TIPICAS.....	104
4.8.1.	Sección “A-A” - IZQUIERDA Ubicado en la progresiva 0+086.51 del eje del dique. 104	
4.8.2.	Sección “B-B” - CENTRAL Ubicado en la progresiva 0+063.02 del eje del dique. 117	
4.8.3.	Sección “C-C” - DERECHA Ubicado en la progresiva 0+039.53 del eje del dique. 129	
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES		141
5.1.	GENERALIDADES.	141
5.2.	RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE.....	141
5.2.1.	Factores de seguridad obtenidos.....	141
5.2.2.	Comparación con los factores de seguridad mínimos requeridos.....	144
5.3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS.....	144
5.3.1.	PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	144
5.4.	DISCUSIÓN.....	153
5.4.1.	Propuesta de mejoras.	154
5.4.2.	Resultado de las secciones criticas analizadas.....	155
CONCLUSIONES.....		156
RECOMENDACIONES.....		158
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		159
ANEXO N° 01		
ANEXO N° 02		
ANEXO N° 03		
ANEXO N° 04		
ANEXO N° 05		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Recursos Humanos.....	5
Tabla N° 2: Recursos de Materiales.	5
Tabla N° 3: Recursos de Servicios.	5
Tabla N° 4: Presupuesto Total.	6
Tabla N° 5: Coordenadas del Proyecto de Investigación.	8
Tabla N° 6: Coordenadas del Deposito (UTM-PSAD 56).	8
Tabla N° 7: Relación del Porcentaje de Sólidos con el Volumen de Agua por Tonelada.	19
Tabla N° 8: Diferentes Métodos y Características de Equilibrio.....	43
Tabla N° 9: Indicadores de Variables.	67
Tabla N° 10: Factor de Zona Perú (E030).	82
Tabla N° 11: Estación Meteorológica.....	83
Tabla N° 12: Temperatura Promedio Mensual Para la Estación Yantac.	84
Tabla N° 13: Temperatura Promedio Mensual para la Estación Huancalpi.	84
Tabla N° 14: Precipitación Total Mensual Media Periodo 2018 - 2019 para la Estación Yantac.	85
Tabla N° 15: Precipitación Total Mensual Media Periodo 2004 - 2014 para la Estación Huancalpi.	85
Tabla N° 16: Factor de Correlación Según la Latitud de la Zona de Estudio para la Estación Yantac.	85
Tabla N° 17: Evaporación Total Mensual Media Para el Periodo 2018-2019 para la Estación Yantac.	86
Tabla N° 18: Factor de Correlación Según la Latitud de la Zona de Estudio para la Estación Huancalpi.	86
Tabla N° 19: Evaporación Total Mensual Media Para el Periodo 2004-2014 para la Estación Huancalpi.	87
Tabla N° 20: Precipitación Máxima en 24 h para la Estación Huancalpi.....	87
Tabla N° 21: Precipitación Máxima en 24 h para la Estación Huancalpi.....	88
Tabla N° 22: Intensidad – Tiempo de Duración para la Estación Huancalpi.	88
Tabla N° 23: Producción de Mineral por Mes para la Mina “SANSIL”	90
Tabla N° 24: Producción de Mineral por Mes – Proyectado para la Mina “SANSIL” ..	90
Tabla N° 25: Tiempo de Operación Según Estudio Definitivo del Expediente Técnico.	91
Tabla N° 26: Volumen del Depósito de Relave Durante la Ejecución.....	92
Tabla N° 27: Estimación de volumen Sin Balance Para el Depósito de Relave de la Mina “SANSIL”.....	92
Tabla N° 28: Estimación de volumen Con Balance para el Depósito de Relave de la Mina “SANSIL”.....	93
Tabla N° 29: Capas de Relave en el Depósito.....	94
Tabla N° 30: Resultados de Ensayos Estándar de Mecánica de Suelos.	96
Tabla N° 31: Resultados de Ensayo de Compactación Proctor Estándar.	97
Tabla N° 32: Parámetros Geotécnicos.	99
Tabla N° 33: Factor de Seguridad Mínimas para Presas de Tierra y Enrocado.	104
Tabla N° 34: Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “A-A”.	142
Tabla N° 35: Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “A-A”.....	142

Tabla N° 36: Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “B-B”.	142
Tabla N° 37: Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “B-B”.	143
Tabla N° 38: Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “C-C”.	143
Tabla N° 39: Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “C-C”.	143
Tabla N° 40: Resultados correlación hipótesis general.	145
Tabla N° 41: Resultados correlación método de equilibrio.	147
Tabla N° 42: Resultados correlación volumen.	149
Tabla N° 43: Resultados correlación balance de agua.	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación del Depósito de Relave.....	8
Figura N° 2: Procesamiento de Minerales.....	16
Figura N° 3: Diagrama de Flujo del Procesamiento de Mineral.....	18
Figura N° 4: Tipos de disposición de relaves de acuerdo a su contenido de agua	19
Figura N° 5: Levantamiento Secuencial, Terraplén Aguas Arriba.....	21
Figura N° 6: Factores que Influyen en la Ubicación de la Superficie Freática para los Terraplenes Aguas Arriba.....	22
Figura N° 7: Levantamiento Secuencial, Terraplén de Presa Aguas Abajo.....	23
Figura N° 8: Levantamiento Secuencial, Terraplén de Línea Central.....	24
Figura N° 9: Análisis de fin de Construcción para Terraplenes de Relaves.....	26
Figura N° 10: Área de Involucra el Balance de Aguas.....	27
Figura N° 11: Flujo de Balance de Aguas.....	27
Figura N° 12: Terminología Usada para Describir un Talud.....	36
Figura N° 13: Falla por Desplazamiento Superficial Sobre un Estrato.....	38
Figura N° 14: Falla Local o de Frente.....	38
Figura N° 15: Falla de Pie.....	39
Figura N° 16: Falla de Base o Profunda.....	39
Figura N° 17: Falla por Traslación.....	40
Figura N° 18: Elementos de un Movimiento de Masa.....	41
Figura N° 19: Rotura Planar.....	45
Figura N° 20: Esquema y Representación de Varios Casos de Falla Planta.....	46
Figura N° 21: Plano Inclinado de Rotura Planar.....	47
Figura N° 22: Rotura por Cuña.....	48
Figura N° 23: Análisis de Falla en Cuña.....	49
Figura N° 24: Método de Dovelas o Rebanadas.....	50
Figura N° 25: Circulo de Falla Aguas Abajo.....	51
Figura N° 26: Clasificación General de los Métodos de Cálculo de Estabilidad.....	51
Figura N° 27: Formulación del Método de Janbu.....	52
Figura N° 28: Formulación del Método de Fellenius.....	53
Figura N° 29: Formulación del Método de Bishop Simplificado.....	54
Figura N° 30: Formulación del Método de Morgenstern y Price.....	55
Figura N° 31: Formulación del Método de Spencer, Análisis de una Dovela.....	56
Figura N° 32: Ubicación del Proyecto con Curvas de Nivel.....	72
Figura N° 33: Vista Satelital Mostrando el Área donde se Construirá el Depósito de Relaves “SANSIL” – Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H =10.00 metros).	73
Figura N° 34: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984).	80
Figura N° 35: Isocontornos de Aceleración Máxima para un Período de Retorno de 475 años (Castillo y Alva, 1993).	81
Figura N° 36: Mapa de Zonificación Sísmica.....	82
Figura N° 37: Temperatura Promedio Mensual (°C).....	83
Figura N° 38: Temperatura Promedio Mensual (°C).....	84
Figura N° 39: Curva IDF para la Estación Huancalpi.....	89
Figura N° 40: Producción de Mineral por Mes – Proyectado para la Mina “SANSIL” ..	91
Figura N° 41: Estimación de volumen Sin Balance para el Depósito de Relave de la Mina “SANSIL”.....	93

Figura N° 42: Estimación de volumen Con Balance para el Depósito de Relave de la Mina “SANSIL”	94
Figura N° 43: Modelamiento en AutoCAD Civil del Área de Estudio.	101
Figura N° 44: Ubicación en Planta del Área de Secciones Típicas.	101
Figura N° 45: Leyenda General para las Secciones Típicas.	102
Figura N° 46: Sección “A-A” – IZQUIERDA Ubicado en la Progresiva 0+086.51 del Eje del Dique.	103
Figura N° 47 Sección “B-B” – CENTRAL Ubicado en la Progresiva 0+063.02 del Eje del Dique.:	103
Figura N° 48: Sección “C-C” – DERECHA Ubicado en la Progresiva 0+039.53 del Eje del Dique.	104
Figura N° 49: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	105
Figura N° 50: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	105
Figura N° 51: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	105
Figura N° 52: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.685$, Modelo SLIDE.	106
Figura N° 53: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.202$, Modelo SLIDE.	106
Figura N° 54: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	106
Figura N° 55: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	107
Figura N° 56: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	107
Figura N° 57: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	107
Figura N° 58: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.721$, Modelo SLIDE.	108
Figura N° 59: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.247$, Modelo SLIDE.	108
Figura N° 60: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	108
Figura N° 61: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	109
Figura N° 62: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	109

Figura N° 63: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	109
Figura N° 64: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.763$, Modelo SLIDE.	110
Figura N° 65: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.277$, Modelo SLIDE.	110
Figura N° 66: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	110
Figura N° 67: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	111
Figura N° 68: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	111
Figura N° 69: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	111
Figura N° 70: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.070$, Modelo SLIDE.	112
Figura N° 71: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.503$, Modelo SLIDE.	112
Figura N° 72: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	112
Figura N° 73: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	113
Figura N° 74: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	113
Figura N° 75: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	113
Figura N° 76: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.	114
Figura N° 77: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	114
Figura N° 78: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	114
Figura N° 79: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.	115
Figura N° 80: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.	115

Figura N° 81: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	115
Figura N° 82: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.310$, Modelo SLIDE.	116
Figura N° 83: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	116
Figura N° 84: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	116
Figura N° 85: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	117
Figura N° 86: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	117
Figura N° 87: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	117
Figura N° 88: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.696$, Modelo SLIDE.	118
Figura N° 89: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.223$, Modelo SLIDE.	118
Figura N° 90: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	118
Figura N° 91: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	119
Figura N° 92: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	119
Figura N° 93: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	119
Figura N° 94: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.715$, Modelo SLIDE.	120
Figura N° 95: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.239$, Modelo SLIDE.	120
Figura N° 96: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	120
Figura N° 97: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	121
Figura N° 98: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	121

Figura N° 99: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	121
Figura N° 100: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.756$, Modelo SLIDE.	122
Figura N° 101: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.266$, Modelo SLIDE.	122
Figura N° 102: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	122
Figura N° 103: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	123
Figura N° 104: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	123
Figura N° 105: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	123
Figura N° 106: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.043$, Modelo SLIDE.	124
Figura N° 107: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.471$, Modelo SLIDE.	124
Figura N° 108: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	124
Figura N° 109: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	125
Figura N° 110: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	125
Figura N° 111: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	125
Figura N° 112: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.	126
Figura N° 113: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	126
Figura N° 114: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	126
Figura N° 115: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.	127
Figura N° 116: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.	127

Figura N° 117: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	127
Figura N° 118: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.130$, Modelo SLIDE.	128
Figura N° 119: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	128
Figura N° 120: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	128
Figura N° 121: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.	129
Figura N° 122: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	129
Figura N° 123: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	129
Figura N° 124: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.775$, Modelo SLIDE.	130
Figura N° 125: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.245$, Modelo SLIDE.	130
Figura N° 126: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	130
Figura N° 127: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.	131
Figura N° 128: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	131
Figura N° 129: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	131
Figura N° 130: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.778$, Modelo SLIDE.	132
Figura N° 131: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.247$, Modelo SLIDE.	132
Figura N° 132: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	132
Figura N° 133: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.	133
Figura N° 134: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	133

Figura N° 135: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	133
Figura N° 136: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.790$, Modelo SLIDE.	134
Figura N° 137: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.269$, Modelo SLIDE.	134
Figura N° 138: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	134
Figura N° 139: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.789$, Modelo SLIDE.	135
Figura N° 140: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	135
Figura N° 141: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	135
Figura N° 142: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.043$, Modelo SLIDE.	136
Figura N° 143: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.527$, Modelo SLIDE.	136
Figura N° 144: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	136
Figura N° 145: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.	137
Figura N° 146: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	137
Figura N° 147: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	137
Figura N° 148: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.	138
Figura N° 149: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	138
Figura N° 150: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	138
Figura N° 151: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.	139
Figura N° 152: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.	139

Figura N° 153: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	139
Figura N° 154: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.310$, Modelo SLIDE.	140
Figura N° 155: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.	140
Figura N° 156: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.	140

RESUMEN

La presente investigación responde al siguiente problema general ¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?, objetivo general es Determinar los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018, la hipótesis general que se debe verificar es: El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

El método de investigación es el método científico, tipo de investigación es aplicada, con un nivel de investigación explicativo - descriptivo, y de diseño de investigación experimental (cuasi-experimental), la población lo considero al depósito de relave que después de realizar los estudios de: Producción de mineral, Estudios hidrológicos, Balance de agua, Características de los materiales y Condiciones de estabilidad. El tipo de muestra para la presente investigación es probabilístico dirigido y que para este estudio se establece que el dique del depósito de relave de la minera “SANSIL”, primera etapa año 2018, es representativo de la población considerada.

Los resultados de la investigación dan por sentado un nivel de estabilidad de 1.202 y 1.626, los valores encontrados en condiciones Pseudo-estáticas y estáticas, esto influirá positivamente al volumen de almacenamiento de relave para el manejo de relave minero beneficiando a la Minera “SANSIL” con la producción de concentrado de mineral y controlando el volumen de relave que ingresa al depósito.

Palabras clave: depósitos de relave, minería, factor de seguridad, relaves mineros, concentrado de mineral.

ABSTRACT

The present investigation responds to the following general problem: What are the results of the stability analysis of the dike in the tailings deposit of the Minera "SANSIL" - First Stage, Year 2018?, General objective is to determine the results of the stability analysis of the dike In the tailings deposit of the Minera "SANSIL" - First Stage, Year 2018, the general hypothesis that must be verified is: The stability analysis of the dike generates results in the tailings deposit of the Minera "SANSIL" - First Stage , Year 2018.

The research method is the scientific method, type of research is applied, with a level of explanatory - descriptive research, and of experimental (quasi-experimental) research design, the population considers it the tailings deposit that after carrying out the studies of: Production of mineral, hydrological studies, water balance, characteristics of materials and stability conditions. The type of sample for the present is probabilistic investigation directed and that for this study it is established that the dike of the mining tailings deposit "SANSIL", first stage year 2018, is representative of the established population.

The results of the investigation assume a level of stability of 1,202 and 1,626, the values found in Pseudo - static and static conditions, this positively influences the levels of tailings growth for the management of mining tailings beneficiary to the Minera "SANSIL" With the production of ore concentrate and controlling the volume of tailings entering the deposit.

Keywords: tailings deposits, mining, safety factor, mining tailings, mineral concentrate.

INTRODUCCIÓN

El estudio de estabilidad permite diseñar los taludes, mediante el cálculo de su factor de seguridad, y en función a ello plantear o definir el método de estabilización que debe ser aplicada en una estructura. Dependiendo de las formas geológicas y geomecánicas de los materiales que forman el suelo y los alrededores de la construcción, hay ciertas propiedades que condicionan y desencadenan las inestabilidades, dejando la posibilidad abierta de un riesgo potencial.

Por esta razón, el estudio de estabilidad permite una evaluación del peligro existente y, por tanto, las medidas necesarias para evitar o corregir los posibles deslizamientos, que terminarían generando posibles deficiencias en el funcionamiento de la estructura evaluada.

A partir de esta reflexión, es que la presente investigación busca estudiar la estabilidad del dique para el depósito de relaves ‘SANSIL’– primera etapa, año 2018, siendo el objetivo general de la investigación el calcular la estabilidad del diseño del depósito de relaves ‘SANSIL’– primera etapa, año 2018 y compararlo con el determinado por la empresa a través de las aproximaciones que se detallan en condiciones estáticas y pseudo-estáticas. esto a través de la revisión de simulaciones realizadas en base a los datos de cohesión de suelo, densidad y ángulo de fricción, de los cuales también se establecen cuáles son sus efectos sobre la estabilidad de la estructura. Para este proceso se ha usado un nivel de investigación explicativo y descriptivo, un tipo de investigación aplicado y a través de un diseño cuasi experimental

El documento se divide de la siguiente forma: El capítulo I desarrolla el planteamiento del problema, de forma tal que se proponen las delimitaciones, justificaciones y la formulación de los problemas que dan lugar a la investigación, así en el capítulo II se plantea toda la argumentación de la literatura sobre el tema, tanto a nivel de antecedentes como del marco teórico en sí mismo y el proceso a seguir en la prueba de hipótesis, así en el capítulo III, se desarrolla la metodología utilizada, la cual comprende el nivel, tipo y diseño de la investigación, así como la utilización de los instrumentos y las técnicas e instrumentos de recolección, el capítulo IV se desarrolla el análisis de estabilidad del dique , en el capítulo V se desarrolla el análisis de los resultados y el contraste de la hipótesis de investigación. Se culmina con las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

C'	: Cohesión del terreno.
ϕ	: Ángulo de fricción
γ	: Densidad
FS	: Factor de Seguridad
γ_{tot}	: Peso específico húmedo
γ_s	: Peso específico saturado seco
°C	: Grados Celsius
Km	: Kilómetros
m.s.n.m.	: Metros Sobre el Nivel del Mar
m	: Metros
m/s	: Metros por Segundo
mm	: milímetros
m ²	: Metros Cuadrados
m ³	: Metros Cúbicos
TMD	: Toneladas métricas diarias.
TMSD	: Toneladas métricas secas diarias.
TMS/mes	: Toneladas métricas secas por mes.
Pmáx 24 h	: Precipitación máxima en 24 horas
MEM	: Ministerio de Energía y Minas.
MINAM	: Ministerio del Ambiente Ministerio del Ambiente.
SENAMI	: El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
OSINERGMIN:	Creación del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía
W	: Contenido de humedad expresado en %
Ww	: Peso del agua existente en la masa del suelo
Ws	: Peso de las partículas.

CAPITULO I:

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El suministro de agua es, como todos sabemos, un derecho fundamental para cualquier persona, sin embargo, también es necesaria para un correcto bienestar de las personas, sobre la salud y sobre la higiene, de la misma manera como es completamente necesaria para la supervivencia de los seres humanos, puesto que ninguna persona puede vivir sin agua. Por esta razón es que casi todas las grandes culturas de la historia antigua y moderna han tenido una necesidad estratégica de posicionarse sobre una gran masa de agua bebible para poder sobrevivir, por lo que generalmente las grandes capitales de la historia se han asentado cerca de los ríos, lagos o lagunas. Luego de estar solucionado el problema del acceso al agua, así como los servicios que han de ser proporcionados aprovechando los beneficios del líquido elemento.

Sin embargo, no solo las necesidades de vivir con este preciado elemento son las que dirigen a las personas a asentarse, sino que también hay actividades económicas que tienen como uno de sus puntos necesarios el uso de agua para algunos de sus procedimientos. Así se interrelaciona en contraposición las condiciones de vida humana con las actividades productivas. Usualmente, al realizar una de estas actividades se ha tenido el gran inconveniente de aquellas grandes masas de agua utilizadas en actividades productivas tienden a no ser aptas para el consumo humano, sino que por el contrario tienen residuos de la actividad de las cuales resultaron aguas servidas. Este proceso es el que normalmente siguen las aguas en actividades antiguas como la minería, que a pesar de los grandes avances a los que está sujeto por las grandes ganancias que deja esta actividad extractiva, no ha podido solucionar de manera integral el gran impacto que ha tenido sobre el ambiente, primero en cuestión del uso del agua y luego de la incapacidad para devolver el total de esa agua al ambiente. Sin embargo, esto ha estado en progresiva mejora gracias a que ha surgido una serie de voces que luchan por una minería de mejor calidad, amigable con el medio ambiente y que cumpla con devolver la mayoría de las condiciones iniciales de ámbito de exploración y extracción, incluyendo el agua.

Para este proceso se han realizado diversas implementaciones, entre las que cuenta la aplicación de pozas de relave, esto deriva de la idea de poder separar por la diferencia

de densidad, los diferentes compuestos que fueron absorbidos por el agua en el proceso de separación de la mena de mineral con otros materiales no preciosos.

Es así que, en cualquier caso, parece que la construcción de relaves que cumplan con los estándares establecidos para su correcto funcionamiento son la solución al problema ambiental y al correcto manejo de aguas residuales de la minería. Sin embargo, al momento de comenzar se debe de cuestionar, ¿Cuál es la mejor manera de realizar este tipo de construcción? Esta pregunta no es trivial pues hace necesidad de una referencia sobre los factores que determinan la posibilidad de construcción, su perdurabilidad y sobre todo su estabilidad.

Una poza de relave al final de la consideración lógica no pasa de ser un gran reservorio de agua, parecido a una piscina, pero que además tiene que tenerse en consideración las dimensiones a las que se desea trabajar, con el terreno donde se ha de hacerse esta construcción y el ángulo de inclinación que tendrán las paredes a fin de que se tenga un factor de seguridad tal que permita la viabilidad del proyecto en sí mismo y pueda satisfacer las condiciones requeridas para su implementación, para ello se hace uso del método de cálculo **Bishop Simplified, GLE/Morgenstem – Price, Janbu Simplified y Spencer** y a través del cálculo arrojado con diferentes variaciones, la presente investigación profundizará sobre el intervalo de los diferentes factores intervinientes en la construcción, a fin de tener una línea de base para la cual se pueda trabajar en siguientes casos; donde por ejemplo se tendrá gran preponderancia las diferentes capas de relave, que no solo afectan a las capacidad en metros cúbicos, a la inversión necesaria, sino también al ángulo de inclinación y las características de la tierra para tales casos, encontrándose comprometida la seguridad de la construcción.

Para poder continuar con la investigación se ahondará sobre la problemática para el desarrollo de la investigación.

1.2.FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema General.

¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.

1.2.2. Problemas específicos.

- a) ¿De qué manera favorece el método de equilibrio límite para el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.
- b) ¿Cómo influye el volumen de almacenamiento en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.
- c) ¿Qué efectos produce en el balance de agua en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.

1.3.JUSTIFICACIÓN.

1.3.1. Ambiental y Social.

La justificación de la presente investigación desde el punto de vista práctico es evidente, pues de no tenerse un debido cuidado en el funcionamiento de la estabilidad del dique en el depósito de relaves ‘SANSIL’, entonces se ponen en riesgo dos puntos en específico, el primero respecto de la construcción en sí misma, pudiendo darse fricciones y por ende drenarse aguas tóxicas en el suelo y luego sobre fuentes de aguas subterráneas, afectando gravemente el medio ambiente; por otra parte se pueden tener cuestiones muy importantes en términos de reducción de la productividad de la empresa minera, puesto que el al no poder dirigir una cantidad de aguas por el proceso productivo, es necesario reducir su capacidad productiva a fin de poder cumplir con mantener la estabilidad del depósito.

1.3.2. Científica o Teórica.

Es importante anotar que el manejo relevante de la estabilidad es aplicado a casi todos los procesos de construcción en donde haya un ángulo de inclinación relevante alrededor de la construcción, a fin de que no se tengan caídas innecesarias de material u otros. Sin embargo, generalmente se detallan con el solo hecho de poder

sobrepasar el estándar requerido y poder dar viabilidad a la obra. No obstante, la presente investigación pretende encontrar mayor evidencia acerca de los diferentes cambios de los indicadores del factor de seguridad y con ello obtener diferentes variantes y obtener la mejor combinación posible de indicadores para la optimización de las capacidades del depósito.

1.3.3. Metodológica.

En términos metodológicos, se ha de encausar esta investigación como un proceso de simulación de los diferentes escenarios posibles, esto conlleva un nivel similar o mayor al que naturalmente se realiza sobre los actuales proyectos de inversión públicos o privados. Para el análisis de estabilidad del dique del depósito de relaves está basado en un proceso de normas, manuales de operaciones y manejo de contingencias y reglamentos que cumplan con el diseño del dique para las capas de relave producido durante la operación.

1.4.DELIMITACIONES

1.4.1. Espacial.

La investigación se realizará en un rango espacial detallado en la empresa San Antonio de Silver S.R.L. Este depósito estará ubicado en la Concesión de Beneficio SANSIL, que abarca desde el distrito de Chongos Alto, provincia de Huancayo, región Junín y el distrito de Acobambilla, distrito de Huancavelica, región Huancavelica.

1.4.2. Temporal.

La investigación se realizará en un rango de tiempo diario a lo largo del mes de septiembre del año 2018 hasta el mes de octubre del año 2019.

1.4.3. Conceptual.

Se tomará en consideración definiciones y conceptos de las bases teóricas para poner en práctica la aplicación de la simulación que se llevará a cabo dentro del software Slide v.6.0.

1.4.4. Económicas.

El presupuesto para la siguiente tesis contempla de las siguientes actividades principales las mismas de detalla en las siguientes tablas.

a) Recursos Humanos:

Tabla N° 1:

Recursos Humanos.

Ítem	Descripción	Cant.	Und.	Costo	Total
				Unitario	S/.
1.1	Asesoramiento profesional.	1	Glb	2,800.00	2,800.00
1.2	Asesoramiento estadístico.	1	Glb	2,500.00	2,500.00
1.3	Asesoramiento metodológico.	1	Glb	2,500.00	2,500.00
1.4	Otros.	1	Glb	1,500.00	1,500.00
Subtotal (a.)					S/9,300.00

Fuente: Elaboración Propia.

b) Recursos de Materiales:

Tabla N° 2:

Recursos de Materiales.

Ítem	Descripción	Cant	Und.	Costo	Total
				Unitario	S/.
1.1	Materiales de escritorio.	1	Glb	50	50
1.2	Adquisición de bibliografía.	1	Glb	450	450
1.3	Software AutoCAD civil 2018.	1	Und	250	250
1.4	Software Slide v.6.0.	1	Und	250	250
Subtotal (b.)			S/1,000.00		

Fuente: Elaboración Propia.

c) Recursos de Servicios:

Tabla N° 3:

Recursos de Servicios.

Ítem	Descripción	Cant	Und.	Costo	Total
				Unitario	S/.
1.1	Movilidad y viáticos.	1	Glb	650	650
1.2	Servicio impresión, anillado de documentos.	1	Glb	100	100
1.3	Servicio fotocopias de documentos.	1	Glb	100	100
1.4	Servicio de ploteos de planos.	1	Glb	50	50
1.5	Gastos administrativos y otros.	1	Glb	500	500
Subtotal (c.)					S/1,400.00

Fuente: Elaboración Propia.

d) Presupuesto Total:

Tabla N° 4:

Presupuesto Total.

Descripción	Costo Total	Financiamiento
a. Recursos Humanos	S/. 9,300.00	Investigador
b. Recursos Materiales	S/. 1,000.00	Investigador
c. Recursos de Servicios	S/. 1,400.00	Investigador
TOTAL	S/. 11,7000.00	

Fuente: Elaboración Propia.

1.5.LIMITACIONES.

Tiempo insuficiente para el desarrollo de la tesis y realizar muestras detalladamente. La estimación de vida útil del dique del depósito relaves según las capas de relave, por la producción de concentrado de minera producido por la planta se requiere un registro y control de la producción, del volumen de relave que ingresa al depósito, es decir, las características mineralógicas de los mineros pueden cambiar según su extracción de mineral, que se tendría un cambio significativo al estudio realizado y así afectando a su vida útil de operación del dique asimismo como la ocurrencia de fenómenos naturales, que varía mucho por la zona que se encuentra ubicado la investigación.

1.6.OBJETIVOS.

1.6.1. Objetivos General.

Determinar los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

1.6.2. Objetivos Específicos.

- a) Demostrar el resultado del método de equilibrio límite para el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.
- b) Evaluar los resultados del volumen de almacenamiento en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.
- c) Verificar los resultados del balance del agua en el análisis de estabilidad para la Minera “SANSIL” – Primera Etapa; Año 2018.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1.DATOS GENERALES.

Todo proyecto que se realiza con fines productivos, por lo general implica alguna alteración sobre el medio ambiente físico, biológico, socio económico y/o cultural, que hasta hace algunos años no se tomaba en cuenta; sin embargo, hoy, debido a los grandes problemas ambientales que se tiene en el mundo, se exigen que todos los proyectos no sólo deben ser factibles técnica, económica y financieramente; sino también social y ambientalmente viables, así como sostenibles en el tiempo.

2.1.1. Actividad de la mina “SANSIL”.

La Compañía San Antonio de Silver S.R.L. es una empresa minera que se dedica a la explotación y procesamiento de minerales polimetálicos, para tal fin iniciara la explotación de la mina, instalada una planta si se considera que procesara **350 TMSD**, y para el tratamiento metalúrgico con una ley de cabeza de **4.2% Pd (plomo), 5.48% Zn (zinc) y 4.8 Cu (cobre)** .

Donde los materiales de desechos de la planta concentradora, es un relave (fino), será trasportado por un sistema por gravedad mediante tubería HDPE 280mm o 11 Pug.

Se construyó un depósito de relaves e instalaciones auxiliares en el área del proyecto, durante su etapa de construcción y operación se tuvo que contemplar las normas ambientales vigentes .

2.1.2. Ubicación del Depósito de Relave - Mina “SANSIL”.

El área de estudio está ubicada en la Concesión de Beneficio SANSIL, distrito de Chongos Alto – Acobambilla, provincia de Huancayo – Huancavelica, departamento de Junín – Huancavelica .

Encontrándose delimitado por las siguientes coordenadas:

Tabla N° 5:

Coordenadas del Proyecto de Investigación.

Ítem	Criterio de Diseño				Referencia
Coordenadas del Sitio	8°605,400 N	8°605,400 N	8°604,800 N	8°604,800 N	San Antonio de Silver S.R.L (Proyectos)
	449,400 E	450,000 E	450,00 E	449,400 E	

Fuente: Elaboración Propia.

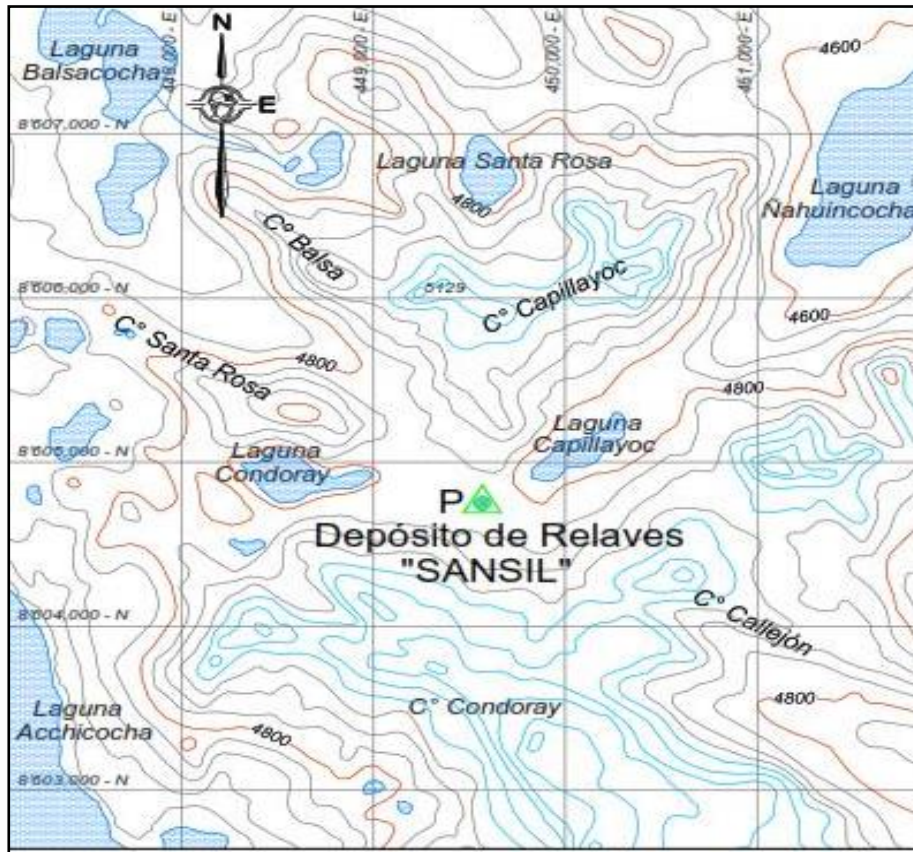


Figura N° 1: Ubicación del Depósito de Relave.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 6:

Coordenadas del Deposito (UTM-PSAD 56).

Ubicación del Deposito (UTM-PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
P	8°605,115.00	449,790.00	4,814.00

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.ANTECEDENTES.

2.2.1. Internacionales.

En la investigación análisis de estabilidad del dique integral de la presa de relaves de relleno de roca construida en la mina de zinc Rampura Agucha en Rajasthan, India, ha sido publicada por el journal International Journal of Geotechnical Engineering.

Los investigadores presentaros como resultados del estudio de factibilidad realizado antes de la expansión de la altura de la presa de 27 a 51 m. La sección transversal final de la presa de relaves se llegó con base en el extenso análisis de estabilidad del dique considerando tanto los métodos ascendentes como descendentes del levantamiento del terraplén. El factor de seguridad se calculó a partir del método simplificado de Bishop, el método de Janbu y el método de Spencer considerando la circular superficies de falla. Además, los análisis de estabilidad dinámica también se llevaron a cabo utilizando el enfoque pseudoestático. Los resultados de los enfoques de equilibrio límite se validaron con la técnica de reducción de la resistencia al corte usando un análisis de Lagrangiano rápido basado en diferencias finitas en análisis 2D. La velocidad de las partículas en el sitio fue inferior a 15 mm/s. El análisis de los datos de lluvia de los últimos 25 años sugirió que el francobordo diseñado de 2 m sobre los relaves asentados puede acomodar un único hechizo de lluvia de aproximadamente 2000 mm sin poner en peligro su estabilidad estructural. Se encontró que los valores del factor de seguridad calculados a partir de los diferentes enfoques estaban en buen acuerdo entre sí. Además, la seguridad y la estabilidad de la presa de relaves no se vieron afectadas por las actividades mineras en curso como el pico observado. (Sitharam & Hegde, 2016).

En esta investigación se realizó el Análisis de estabilidad de taludes de los discos de relaves, a fin de obtener el grado de Bachiller en Ingeniería por la Charles Darwin University, Durante el proceso el autor KNight incluyó una descripción general de los métodos de construcción de presas, los posibles mecanismos de falla para los diques de relaves y diferentes métodos de análisis, incluidos los análisis deterministas y probabilísticos. El análisis determinista incluye una discusión de la estabilidad de los diques de relaves mediante el análisis de los factores de seguridad utilizando valores únicos de cada suelo y propiedad geométrica. El factor de

seguridad se calcula utilizando tablas de estabilidad, y métodos de equilibrio. Se realizó un estudio paramétrico y un análisis de sensibilidad para dilucidar los efectos de variar los parámetros de resistencia al corte y la geometría del terraplén en la estabilidad de un terraplén. Los métodos deterministas y probabilísticos se aplicaron a casos básicos simples y un estudio de caso de un dique de relaves existente utilizando cálculos manuales realizados en Microsoft Excel TM y el software GeoSlope SLOPE / W 2012. Los terraplenes se analizaron en condiciones de corto y largo plazo (es decir, en términos de parámetros de estrés total y efectivo), considerando los efectos de la presión del agua de los poros y la filtración horizontal. Esta investigación encontró que había ventajas y desventajas tanto para los métodos de análisis deterministas como probabilísticos. Los métodos deterministas fueron generalmente fáciles de usar, pero las variables de entrada fueron valores únicos que pueden no reflejar con precisión la anisotropía o falta de homogeneidad dentro del suelo en el dique de relaves. Esto podría producir factores de seguridad que no son representativos de todo el terraplén. Por otro lado, los análisis probabilísticos tuvieron en cuenta dicha anisotropía e inhomogeneidad, pero requerían una comprensión y análisis más detallados de los mismos. (KNight, 2015).

Se realizó un análisis de filtraciones y tensiones en una presa de relaves planificada, ubicada en México, el fin de esta investigación es el desarrollo de la ciencia en ingeniería, siendo realizada en el área de investigación de la Universidad de UPPSALA ubicada en Suecia. Las investigadoras realizaron pruebas experimentales en los relaves para encontrar los parámetros del material y poder construir los círculos de Mohr utilizados al evaluar la estabilidad de la presa. Un modelo de la presa fue construido en COMSOL Multiphysics 3.5 y la presa fue simulada para tres etapas diferentes; Una etapa inicial, una etapa intermedia y una etapa final. Todas estas etapas se simularon para encontrar la cantidad de infiltración y las deformaciones y tensiones que se producen en la presa. El resultado de la filtración mostró que la cantidad de filtración en el dedo del pie de la presa disminuyó con cada etapa, pero debido a que el modelo simplificado utilizado, los resultados de la filtración deben investigarse más a fondo. Los resultados de tensión se evaluaron utilizando la envoltura de resistencia de Mohr obtenida experimentalmente e indicaron que las tensiones en los relaves finos estarían dentro de la región de seguridad, mientras que los relaves gruesos posiblemente deban adaptarse para

alcanzar el criterio de estabilidad. Dado que se han utilizado modelos simplificados en este análisis, se necesitan más estudios para finalizar el diseño. En los resultados el autor indicó que las tensiones máximas que ocurrieron en la presa estaban dentro de la región de estabilidad para los relaves finos, pero se deben hacer ajustes con respecto a los relaves gruesos. (Lindquist & Törnqvist, 2016).

Los contendores de relave son una opción para los relaves convencionales, es así que Alvarado desarrollo la investigación con el objetivo de analizar el comportamiento de un depósito de relaves mediante la descarga central desarrollada en la PUCC para obtener el grado de magister en ciencias de la ingeniería. Para el desarrollo de esta investigación se usó el método observacional y de análisis de fuentes secundaria. Finalmente, como resultado ahorro de las reservas de agua y una mejor resistencia ante posibles sismos. Sin embargo, en las presas de relaves se encontró desbordes en diferentes zonas de la presa, así como presión de poros y algunas deformaciones. Concluyéndose que las deformaciones y desbordes al 1% y que de incrementar la pendiente de 3 a 7 el posible desborde de la presa. (ALVARADO, 2017).

Rivero y Mayorga buscaron proponer un método para diseñar por confiabilidad presas de relaves construida en arena, aguas abajo, con ello obtuvieron el grado de magister en Ingeniería Civil, por la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, para ello se basaron en un método analítico. En el proceso del estudio se encontró fallas reiterativas, que son, la tubificación, la estabilidad, la licuación y finalmente la erosión por desborde, para cada una de estas se tuvo que calcular una probable falla a través del análisis de confiabilidad. A partir de ello se creó una guía donde se visualiza los parámetros a considerarse al momento una presa adecuada y confiable. (Rivero & Mayorga, 2015)

2.2.2. Nacionales.

La presente tesis Aguirre trato de determinar la estabilidad física del depósito N° 5 de relave de la Mina Titán SRL, a fin de obtener el grado de Ingeniero Geólogo por la Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. El problema percibido por el investigador fue el retaso generado por la presa ya que para secar los relaves tenía una demora mayor a 8 meses, ante este inconveniente fue necesario un nuevo análisis de estabilidad física donde se determinó características de los cimientos del depósito.

Los resultados indican que los factores de seguridad conseguidos en las áreas vulnerables son de 1.483 para condición estática y 1.076 para condición pseudoestática, mostrando un coeficiente sísmico de 0.17 g, al utilizar el método de análisis de Janbu simplificado, el indicador es mayor al mínimo requerido, concluyendo que la disposición de relaves y la construcción de una berma de contención tendría valores a favor de la seguridad para el sector analizado, garantizando un funcionamiento seguro (Aguirre, 2017).

Reyes realizó un análisis de estabilidad de taludes mediante el método de equilibrio límite en los depósitos de desmonte de la mina, con esta investigación obtuvo el título de Ingeniero Civil por la Universidad Nacional de Ingeniería. Es así que, por medio de la revisión teórica sobre los procedimientos tridimensionales, se determinó los estándares técnicos y prácticos donde los valores de FS 30/20 dieron un resultado muy similar. Así también para 2 casos, se obtuvo FS 30/20 promedio de 1.28, mientras en otros casos el valor promedio fue de 1.0, Teniendo como soporte el programa SVSLOPE en su módulo tridimensional desarrolla análisis de tridimensionales bastante confiable. Es así que se concluyó que mediante un análisis tridimensional se tiene un indicador más realista, permitiendo optimizar los diseños siempre que sea de manera concienzuda. (Reyes, 2015).

Sánchez y Taza trabajaron con el análisis de estabilidad sísmica para presa haciendo uso de relave grueso, bajo el método de suelo armado en Huachocolpa – Huancavelica, con ello obtuvo el grado de Ingeniero Civil por la Universidad San Martín de Porres., con esta investigación busco garantizar la estabilidad sísmica de una presa usando el programa Slide. Con el método de suelo armado se busca reforzar el suelo de relave con el uso de geomallas y la compactación buscando la estabilidad del Talud. Finalmente se ha determinado que el construir presas de relaves haciendo uso de relave grueso por el método de suelo armado tienen un factor de seguridad de 2.35 en condición estática y 1.42 en condición pseudo estática. (Sánchez & Taza, 2017)

En la Universidad Nacional Federico Villarreal, Campos obtuvo el grado de Ingeniero Civil con la investigación Análisis de estabilidad del depósito de relaves Chacapampa en la Unidad Minera de Cobriza perteneciente a la Doe Run Perú SRL, donde el autor tuvo como objetivo desarrollar un modelamiento geotécnico del

depósito de relave. Especificándose dentro de los resultados que el análisis de estabilidad debe cumplir lo establecido en la guía propuesta por el Ministerio de Energía y Minas en el tema de investigación. El análisis de estabilidad de esta presa de relaves el autor lo realizó en el programa Slide V.6.0. El cálculo del análisis de estabilidad muestra que los factores de seguridad de la presa para fallas profundas y superficiales. Se concluye que la presa de relave de Chacapampa en la Unidad Minera Cobriza perteneciente a la Doe Run Perú SRL es estable y en condiciones sísmicas y estáticas. (Campos, 2015).

Solano desarrolló una investigación que tuvo por objetivo analizar la estabilidad de la presa de relaves de la Unidad Minera San Rafael, con el propósito de obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería. Según la investigación desarrollada por el investigador ha operado en el depósito de relaves Bofedal III y debido al aumento productivo se ha hecho necesario la ampliación de su capacidad de almacenamiento. Según los datos de operativos, la mina calculó que manejará una producción media de relaves de 1045 ton/día. Es así que como parte de los resultados se ha evaluado el factor de seguridad global y local del talud de la presa en condición estática y Pseudoestática aplicándose métodos de equilibrio límite disponibles en el programa SLIDE 6 (Rocscience). Los resultados generados por el método Spencer satisfacen rigurosamente las ecuaciones de equilibrio de fuerzas y momentos para cualquier forma de la superficie de falla. (Solano, 2013)

Estirado realizó como tesis de investigación el diseño hidráulico y estabilidad de la presa de relaves Pumacahua, a fin de obtener el grado de licenciado en Ingeniería Civil por la Pontificia Universidad Católica del Perú. Para almacenar apropiadamente los desechos mineros, el autor ha diseñado una presa en dos fases con la metodología hacia aguas abajo, puesto que se ha establecido que esta es la alternativa óptima desde el aspecto económico, técnico y de menor impacto ambiental. Estas presas son construidas a fin de minimizar el impacto generado durante el curso de los ríos ya que la empresa minera se encuentra por lo general cerca a la desembocadura de los ríos. Por ello, para minimizar los daños se ha diseñado un desvío del cauce del río hasta aguas abajo de la presa. Para evitar esta situación, el autor ha diseñado una presa con un cálculo hidráulico y de estabilidad

estática, ya que la principal razón del colapso de las obras es el deslizamiento taludes (Estirado, 2018).

2.3.BASES TEÓRICAS.

2.3.1. Conceptos básicos sobre los depósitos de relave.

Las actividades mineras generan grandes cantidades de residuos sólidos, de los cuales los más importantes, en términos de volumen, son los estériles y los relaves mineros .

El mineral que alimenta la planta de beneficio posee una determinada ley de mineral útil, estando compuesto por minerales útiles y minerales ganga .

En la planta, este mineral es normalmente fragmentado para permitir la liberación del mineral útil y su separación de los minerales de ganga a través de procesos físicos, químicos o físico-químicos, es este mineral de ganga junto con algunas partículas de roca, la parte sólida que conforman los relaves mineros .

2.3.1.1. ¿Qué es el relave minero?

El relave minero es un conjunto de desechos producto del proceso metalúrgico para la obtención de minerales comerciales, usualmente constituido por una mezcla de rocas molidas, agua, minerales de ganga y productos químicos usados en el proceso metalúrgico, aunque también se encuentran bajas concentraciones de metales pesados, tales como, cobre, plomo, mercurio y metaloides como el arsénico .

2.3.1.2. Tipos y disposición de relaves.

Son instalaciones para almacenar relaves provenientes de la planta de beneficio de minerales. Tipos de relave:

- Convencional.
- Espesados.
- Pasta filtrados.

2.3.1.3. El agua en la industria mineral.

El agua es uno de los recursos naturales más importantes e indispensables para todas las formas de vida, entre estas nosotros los seres humanos, siendo una sustancia de capital importancia para la vida con excepcionales propiedades

consecuencias de su composición y estructura. Es una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrogeno, enlaces polares que permitan establecer puentes de hidrogeno entre moléculas adyacentes.

2.3.1.4. Uso de agua en proceso minero.

Minería a cielo abierto: su uso principal de agua es en el riego de vías internas para reducir el polvo en suspensión Minería subterránea, es reducido y el problema consiste más bien en extraer el agua natural apozada al fondo de los trabajos, la que puede provenir de lluvias o de acuíferos afectados.

2.3.1.5. Procesamiento de minerales.

Chancado: reduce los fragmentos de roca de la mina a un tamaño aceptable como alimentación de equipos de molienda.

Molienda: etapa final de la reducción física del mineral desde roca a tamaño de relaves.

Concentración: separa las partículas de valores altos (concentrado) de aquellos con bajos valores (relaves). Ejemplos: separación por gravedad, separación magnética y flotación.

Lixiviación: involucra la remoción de los metales con valor del mineral por contacto directo con un solvente, usualmente una solución ácida o alcalina dependiendo del tipo de mineral.

Calentamiento: del mineral o la partícula pulpa en suspensión para la extracción de metales, principalmente petróleo o relaves de petróleo.

Desaguado: proceso de remoción del agua de la pulpa relaves-agua después de la concentración.

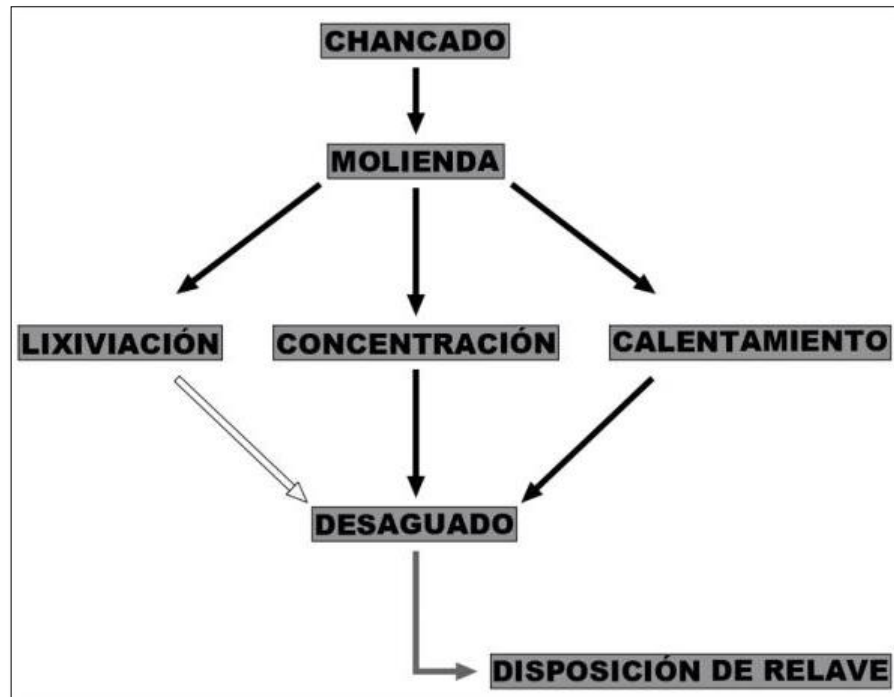


Figura N° 2: Procesamiento de Minerales.

Fuente: Anddes.

2.3.1.6. Ciclo de vida de un depósito de relaves.

Origen y producción de relaves de plantas concentradoras .

El proceso de concentración comienza con el chancado del mineral, proveniente del proceso de explotación minera, hasta tamaños de partículas generalmente en el rango de centímetros o milímetros .

El mineral chancado es luego reducido a tamaños menores a un milímetro, en grandes tambores rotatorios clasificados como molinos de bolas, molinos de varillas y molinos semi - autógenos, dicho proceso es conocido como molienda. Luego se procede a agregar agua al mineral molido y el material permanece en forma de lodo (pulpa) a través del resto del proceso de extracción .

El siguiente paso es llamado comúnmente flotación. La flotación opera sobre el principio de que partículas individuales que contienen el mineral que se desea extraer son hechas receptivas selectivamente, a pequeñas burbujas de aire que se adhieren a estas partículas y las elevan a la superficie de un tanque agitado. Las espumas que contienen estas partículas valiosas son retiradas de la superficie, procesadas, y secadas para transformarse en concentrado, este producto final de la concentradora, es embarcado a la fundición para su

refinación. Entre tanto, el material restante de desecho que no conforman el denominado concentrado mineral, constituye los relaves mineros compuestos principalmente por partículas de roca estéril, agua, reactivos químicos de flotación y partículas de mineral restante que no lograron recuperarse en el proceso de flotación. Después de recuperar algo del agua del proceso en tanques apropiados, conocidos como es pesadores, los relaves son bombeados al lugar destinado para su almacenamiento .

2.3.1.7. Características de los relaves mineros.

Los Relaves: Se definen como el deshecho mineral sólido de tamaño entre arena y limo provenientes del proceso de concentración que son producidos, transportados o depositados en forma de lodo, que corresponden a una “Suspensión fina de sólidos en líquido”, constituidos fundamentalmente por el mismo material presente in situ en el yacimiento, al cual se le ha extraído la fracción con mineral valioso, conformando una pulpa, que se genera en las plantas de concentración, y que han experimentado una o varias etapas en circuito de molienda fina; esta "pulpa o lodo de relaves" fluctúa en la práctica con una razón aproximada de agua/sólidos que van del orden de 1:1 a 2:1 .

Las características y el comportamiento de esta pulpa dependerán de la razón agua/sólidos y también de las características de las partículas sólidas. Esto puede ilustrarse si se consideran los siguientes ejemplos :

- Una masa de relaves con un gran contenido de agua escurrirá fácilmente, incluso con pendientes pequeñas .
- Una masa de relaves con un contenido de agua suficientemente bajo (por ejemplo, relaves filtrados) no escurrirá gravitacionalmente .

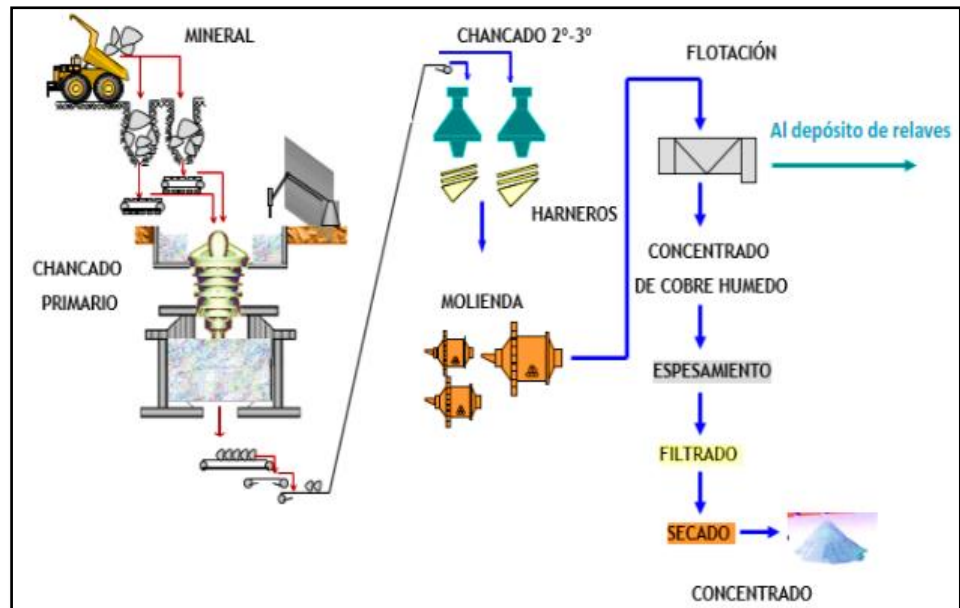


Figura N° 3: Diagrama de Flujo del Procesamiento de Mineral.

Fuente: Golder Associates.

- Si las partículas sólidas son de muy pequeño tamaño (equivalentes a arcillas), se demorarán un gran tiempo en sedimentar, manteniéndose en suspensión y alcanzando grandes distancias respecto al punto de descarga antes de sedimentar .
- Si las partículas sólidas son de gran tamaño (equivalentes a arenas) sedimentarán rápidamente y se acumularán a corta distancia del punto de descarga .

Las alternativas a utilizar en la disposición de relaves, dependerá de las características de los relaves que producidos en la planta (cantidad suficiente de material tamaño arena), del costo del agua (si es escasa, se justifican inversiones en equipos para optimizar su recuperación) y, de las características del lugar de emplazamiento del depósito de relaves. Para conseguir estructuras estables con los relaves, deben determinarse sus características, similares a lo que se hace con los suelos (granulometría, densidad relativa, razón de vacíos, relaciones de fase, etc.) .

Tabla N° 7:

Relación del Porcentaje de Sólidos con el Volumen de Agua por Tonelada.

PORCENTAJE % de Sólidos	Volumen de agua por tonelada de relaves (m ³ /ton)	Consistencia del Relave
30	2.30	Pulpa
65	0.50	Espesado
75	0.30	Pasta
85	0.20	Filtrado

Fuente: Golder Associates.

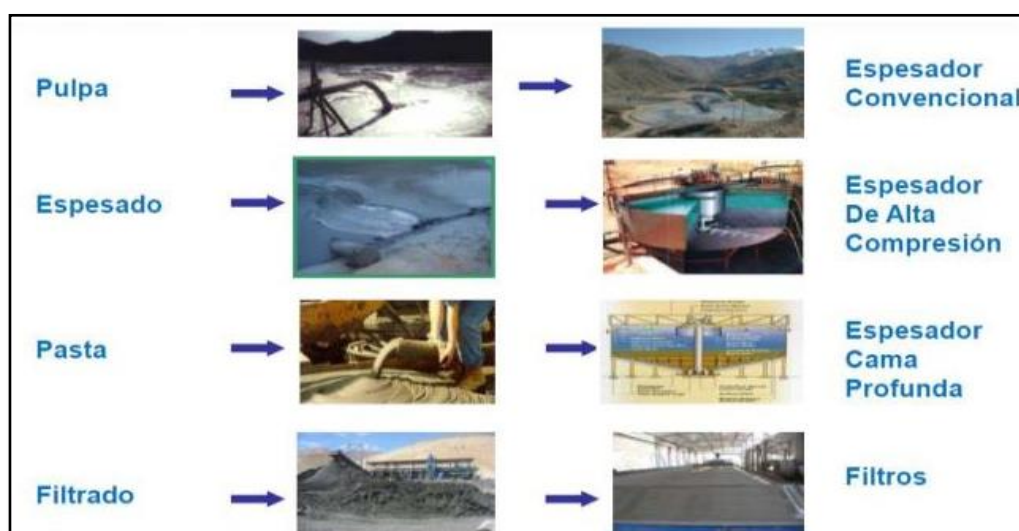


Figura N° 4: Tipos de disposición de relaves de acuerdo a su contenido de agua
Fuente: Golder Associates.

2.3.1.8. Opciones para la descarga de los relaves.

- Descarga del Relave Completo.

Se requiere disponer de un volumen suficientemente grande para permitir almacenar todos los relaves que se producirán durante la vida útil de la planta. Pueden utilizarse cavidades "pre- existentes" como: tajos mineros abandonados, depresiones naturales en superficie, cavernas naturales, antiguas minas subterráneas abandonadas, etc .

“Sin embargo, hoy debido a la legislación ambiental vigente resulta difícil de ser aceptados por su alta connotación ambiental y deberían realizarse estudios muy completos y detallados para demostrar que no se afectará el medio ambiente. Por esto, para la descarga de relaves completos, resulta técnica y ambientalmente más aceptable construir un muro perimetral con talud interno impermeabilizado hecho con material grueso de préstamo y generar así un vaso de depositación .

Este tipo de depósito de relaves se denomina “Depósito de Relaves” y han sido aceptados como alternativa para la disposición de relaves en nuestro país.

- **Construcción del dique de contención con parte del relave.**

Esta opción corresponde a tratar los relaves provenientes de la planta concentradora, de manera de separar la fracción gruesa (arenas de relaves) de la fracción fina (lamas), para poder utilizar la fracción gruesa de los relaves o “arena de relaves” como material para la construcción del muro perimetral o dique de contención y descargar la fracción fina del relave al vaso del depósito de relaves. Al construir el muro utilizando la fracción gruesa de los relaves, es posible hacerlo de tres formas o métodos de crecimiento distintos :

- ✓ Crecimiento del muro hacia “aguas arriba”.
- ✓ Crecimiento del muro hacia “aguas abajo”.
- ✓ Crecimiento del muro según el método llamado “eje central o mixto”.

- **Material de relaves equivalente a un suelo húmedo (Relaves filtrados).**

Esta opción requiere tratar los relaves provenientes de la planta concentradora, de manera de extraerle la mayor cantidad de agua posible mediante distintos métodos, por ejemplo, mediante es pesadores de cama profunda o haciendo uso de plantas de filtrado, de tal manera que se obtiene un material equivalente a un suelo húmedo el cual puede ser depositado, en algunos casos, sin necesidad de un muro perimetral para su contención. Para este propósito existen distintos métodos: “Filtrar los Relaves” y la alternativa más reciente es la de crear lo que se denomina “Pasta de Relaves” .

2.3.1.9.Fases de un flujo.

Los elementos y compuestos en la naturaleza se presentan en 3 fases: fase sólida, líquida y gaseosa. Un fluido puede contener más a una fase y seguir comportándose como tal. De acuerdo a este criterio, los fluidos pueden ser clasificados como:

- a) Unifásicos: líquido y gas.
- b) Bifásicos: líquido-gas, líquido-sólido o gas-sólido.
- c) Multifacéticos: fluido que contienen los tres estados.

2.3.1.10. *Monitoreo del depósito de relaves.*

Por razones económicas (financieras) las presas de relaves se construyen gradualmente al ritmo de producción de residuos de la mina. Las arenas de relave pueden ser utilizadas como material estructural del cuerpo del dique en tres métodos diferentes, a continuación, se desarrollarán algunos métodos de crecimiento del dique de contención de la presa de relaves .

Método Aguas Arriba.

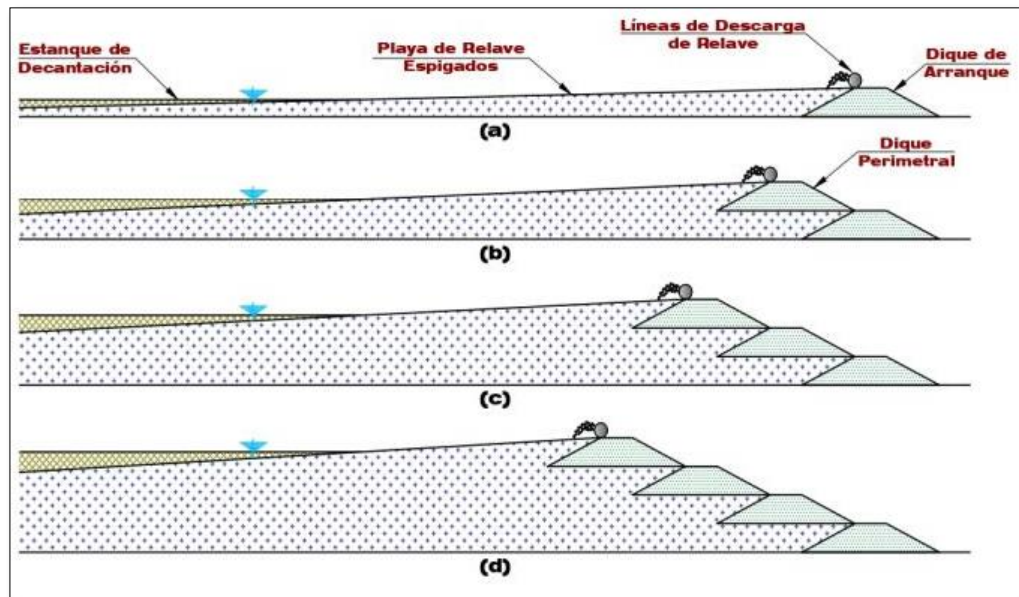


Figura N° 5: Levantamiento Secuencial, Terraplén Aguas Arriba
Fuente: Vick, 1990.

En el método aguas arriba, los relaves se descargan en la cresta del dique inicial para formar una playa. El dique perimetral se construye en la playa anterior y este proceso se repite para la elevación posterior. Este método es simple en su construcción y su costo es económico, pero es vulnerable al control de la superficie freática, la capacidad de almacenamiento de agua y la licuefacción sísmica.

La estabilidad de un terraplén de relaves depende de la ubicación de la superficie freática. La ubicación de la superficie freática se ve afectada por factores tales como: la permeabilidad de la base, el grado de segregación del tamaño de grano y la variación de permeabilidad lateral dentro del depósito, y la ubicación del agua estancada en relación con la parte superior del terraplén (Vick, 1990).

La influencia de estos factores en la ubicación de la superficie freática se muestra en la Figura N° 6.

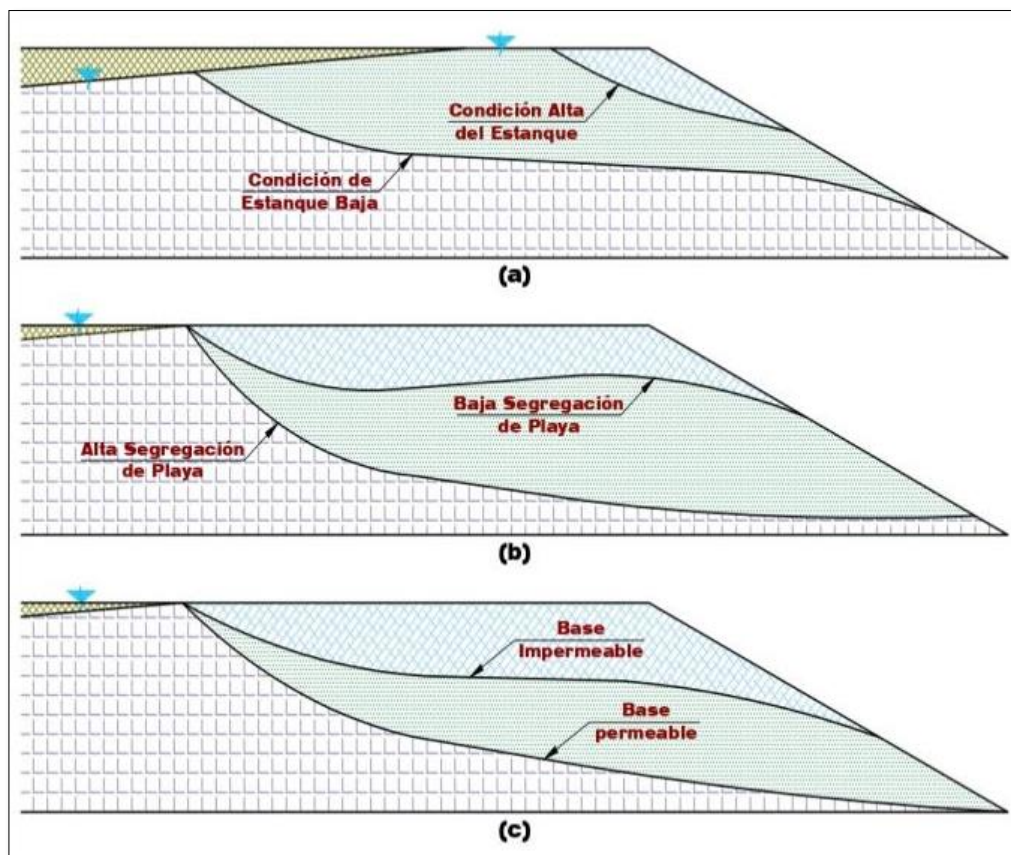


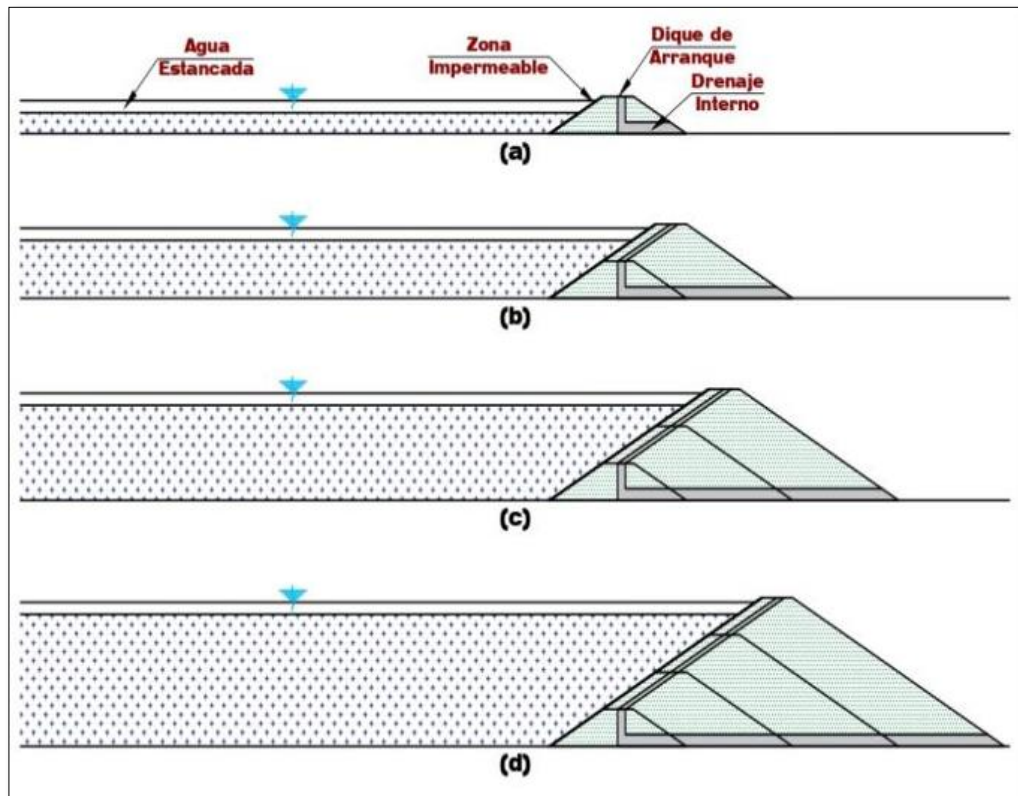
Figura N° 6: Factores que Influyen en la Ubicación de la Superficie Freática para los Terraplenes Aguas Arriba.

Fuente: Vick, 1990.

(a) Efecto de la ubicación del agua del estanque, (b) Efecto de la segregación del tamaño del grano de la playa y la variación de la permeabilidad lateral y (c) Efecto de la permeabilidad de la base.

El método aguas arriba no es adecuado para las condiciones tales como la acumulación de agua debido a inundaciones, escorrentía estacional y agua de molienda de alta velocidad. El método aguas arriba no es factible para áreas sísmicas debido a la menor densidad relativa y alta saturación dentro del depósito de colas (Vick, 1990). Las presas de relaves aguas arriba pueden construirse con una tasa de elevación limitada. Cuando la tasa aumenta por encima de 4.5-9 m / año, las presiones de poro en exceso pueden desarrollarse en zonas de baba (Mittal & Morgenstern, 1976).

Método Aguas Abajo.



*Figura N° 7: Levantamiento Secuencial, Terraplén de Presa Aguas Abajo.
Fuente: Vick, 1990.*

Inicialmente los relaves se descargan hacia la parte posterior del dique inicial. El relleno se coloca en la pendiente aguas abajo del aumento anterior. Se pueden incorporar las medidas estructurales dentro del terraplén tales como núcleos impermeables y drenajes internos para el control de la superficie freática. Estas medidas ayudan a almacenar grandes volúmenes de agua. Debido al bajo nivel de superficie freática y la facilidad de compactación, este método proporciona más resistencia a la licuefacción. No existe ninguna restricción sobre la elevación de la tasa debido a que los aumentos aguas abajo son estructuralmente independientes del depósito de relaves espigados. Sin embargo, este método es costoso debido a los grandes volúmenes de relleno de terraplén (Vick, 1990).

Presas de Línea Central.

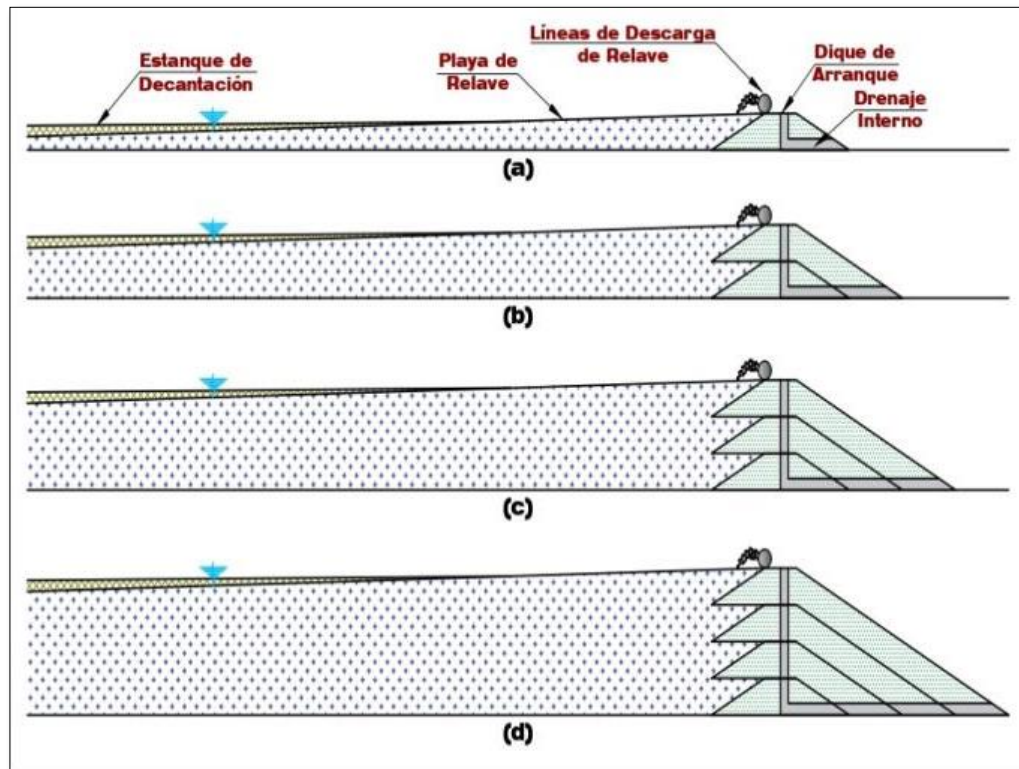


Figura N° 8: Levantamiento Secuencial, Terraplén de Línea Central.

Fuente: Vick, 1990.

El relleno se coloca continuamente en la playa y la pendiente aguas abajo de la elevación anterior. La línea central sigue siendo la misma a medida que se elevan los terraplenes (Vick, 1990). Con zonas de drenaje internas adecuadas, la superficie freática puede controlarse y la elevación temporal del agua debido a las inundaciones no afectará la estabilidad de la estructura. Este método generalmente tiene buena resistencia sísmica, debido a la facilidad de compactación del cuerpo principal de la presa y el control del nivel de saturación por drenaje interno. La falla debida a la licuefacción puede ocurrir en la porción limitada de llenado aguas arriba ubicada en la playa; sin embargo, las partes central y aguas abajo del terraplén permanecen seguras (Vick, 1990).

2.3.1.11. Componentes de la presa: Anatomía básica de un embalse de relaves.

Los diseños de presas de relaves dependen de la topografía del terreno y del material disponible para construirlo, dice (Harper, McLeod, & Davies, 1992). A principios del siglo XX, las empresas mineras solían deshacerse de los

relaves en las vías fluviales. A veces, esto daría lugar a la creación de "presas de relaves aguas arriba" formadas por relaves que se instalan en una estructura tipo playa en una corriente. Después de la Segunda Guerra Mundial, la ciencia de la mecánica del suelo y la tecnología de la presa mejoró, y se construyeron más estanques de relaves. Pueden ser estructuras llenas de tierra o construidas a partir de la arena o roca generada en la minería. El estanque se construye formando un terraplén de roca estéril desde el comienzo de la construcción de la mina. Los relaves son canalizados y depositados en la cresta del terraplén donde drenan para formar una playa. Dunbar (2015) dijo que la playa es un amortiguador importante entre el terraplén de la presa y el agua en el estanque. "Estos terraplenes no son estructuras de retención de agua, están destinados a contener los sólidos", (Dunbar, 2015). Si bien están diseñados para mantener el agua hasta la cresta del terraplén, "eso está superando los límites", y eventualmente erosionaría la estructura. Dunbar (2015) agregó que un problema era que no se estaba formando una playa en su terraplén debido a los altos niveles de agua.

Estándares de presas:

Desde una perspectiva geotécnica, indico Harper et al., (1992), que las consideraciones de diseño no son diferentes de las que se usan para construir presas de almacenamiento de agua. Deben diseñarse para resistir la fuerza de los terremotos, un drenaje adecuado para mantenerse estable y tener en cuenta las condiciones del terreno. Si hay un exceso de filtración, a menudo se utilizan revestimientos, particularmente en la extracción de oro donde se usa cianuro para lixiviar el metal del mineral. Harper et al. (1992) agregó que los estándares para las presas de relaves han evolucionado.

Mantenimiento de la presa:

Harper et al. (1992) dijo que el mantenimiento incluye el mantenimiento de las tuberías de relaves y los sistemas de recuperación de agua en reparación, monitoreando los niveles de agua en el terraplén y cimientos para asegurar que cumple con los requisitos de seguridad y monitorea las deformaciones dentro de la propia estructura. Agregó que los pernos o instrumentos de la encuesta dentro de la estructura se usan para detectar cualquier movimiento. Cada pocos años, el nivel de la presa generalmente se eleva para mantenerse al día con la producción minera. Dunbar (2015) agregó que los ingenieros planean los aumentos durante

la vida útil de la mina, que puede durar 20 años o más. Harper et al. (1992) dijo que evitar el exceso de agua en las instalaciones de relaves es otro problema. Los diseños a menudo incluyen canales de desvío para mantener la escorrentía superficial.

Problema de estabilidad de taludes durante la construcción:

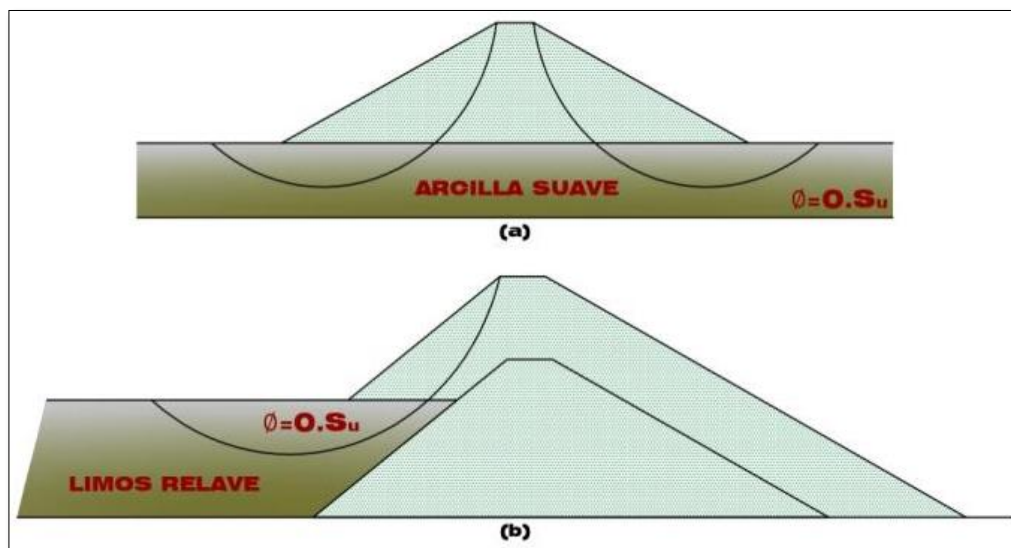


Figura N° 9: Análisis de fin de Construcción para Terraplenes de Relaves.
Fuente: Vick, 1990.

- (a) Dique de arranque construido rápidamente sobre cimientos de arcilla blanda.
(b) Aumento de línea central construido sobre limo blando.

Los relaves son los productos de desecho producidos durante la extracción de minerales del mineral. El tamaño de partícula de los relaves varía de arena media a limo o arcilla. Los relaves se utilizan como material de construcción para la elevación de terraplenes llamados diques de relaves. Durante la espita, las partículas gruesas (arenas) se encuentran cerca del terraplén, mientras que las partículas finas (limos) se mueven hacia abajo al embalse. La tasa de falla en las presas de relaves es mayor que la de las presas de agua convencionales. En el pasado, las presas de relaves han fallado debido a diversas causas, como incidentes meteorológicos, inestabilidad de laderas, tuberías / filtración, cimientos débiles y licuefacción sísmica, etc. Las estadísticas muestran que las presas de relaves no son seguras ni siquiera en sus etapas de construcción. Las medidas de cierre y recuperación requieren que las presas de relaves y los embalses sean estables por un período prolongado (más de 1000 años).

Por lo tanto, la comprensión adecuada de las propiedades mecánicas (es decir, permeabilidad, rigidez y resistencia) de los relaves es esencial para hacer predicciones confiables para la estabilidad a largo plazo de las presas de relaves y los embalses.

2.3.1.12. Balance de aguas.

El bance de aguas consiste en determinar la masa de agua que entra al sistema, la masa que se acumula y la más que sale del depósito de relave :

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Acumulación}$$

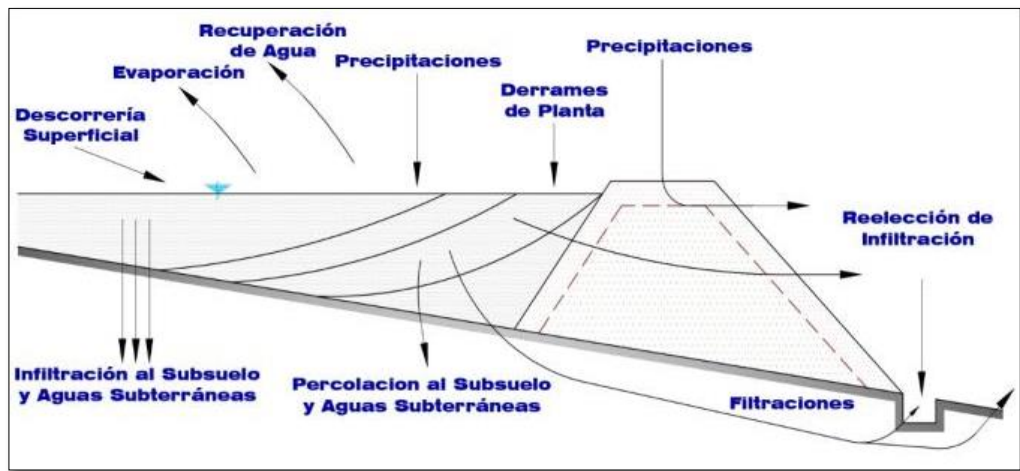


Figura N° 10: Área de Involucra el Balance de Aguas.
Fuente: Por Víctor Conejeros T. 2007.

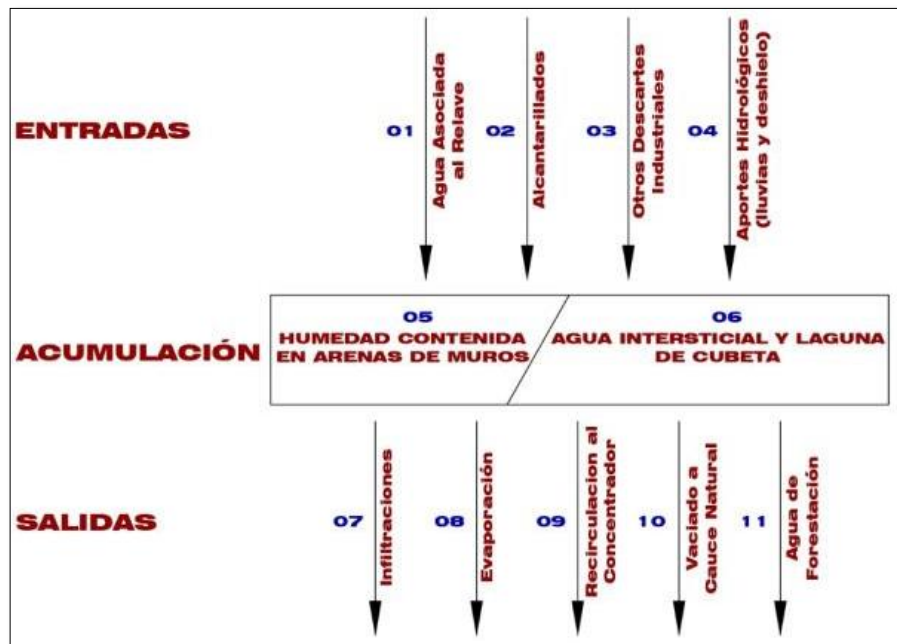


Figura N° 11: Flujo de Balance de Aguas.
Fuente: Por Víctor Conejeros T. 2007.

Los flujos señalados en la figura anterior, se describe a continuación :

a) Agua asociada al relave.

Este flujo corresponde al agua que contiene el relave como parte del proceso minero .

La dilución (razón entre la masa de agua y la masa de solidos) que lleva un flujo de relaves, puede ser variable dependiendo si existe o no espesamiento de relaves a la salida del concentrador y del grado de concentración que dicho espesado presenta .

En el caso de concentradores sin es pesadores de relaves, la razón de dilución normalmente es del orden de 2 es a 1, lo que equivales a concentraciones en peso entre un 30% y 35%, y en el caso que dichos es pesadores existan, la razón de dilución oscila alrededor de 1 es a 1, lo que equivale a concentraciones entre 45% a 55% .

b) Alcantarillados.

En algunas faenas mineras, se vacían los alcantarillados y otras aguas sanitarias al canal de relaves para efectuar una eliminación simple y de bajo costo de los residuos sanitarios. En indudable que esta condición no debería ocurrir, aun si no existieran normativas ambientales y sanitarias .

c) Otros descartes industriales.

En faenas mineras complejas es posible que existan otros descartes de aguas industriales, como ser, por ejemplo: relaves de calcinas, descartes de plantas de extracción por solventes, descartes de líquidos en plantas de lixiviación, etc .

Dichas aguas o residuos líquidos se caracterizan por ser eventos puntuales y de alta variabilidad, sin embargo, ellos son relativamente fáciles de definir, analizando el proceso en el cual esta agua están descartadas y el ritmo al cual ocurren dichos eventos .

d) Aportes hidrológicos.

Este punto es uno de los más relevantes al realizar un balance aguas .

El primer lugar se debe analizar cuál sería al área hidrográfica aportante al embalse de relave, es decir cuál es la llamada hoya hidrográfica, en la cual todas las escorrentías superficiales tienen que descartarse al interior del embalse .

Una vez definido el área aportante, se debe analizar los antecedentes hidrológicos disponibles de modo de determinar cuál sería las probabilidades y frecuencias de los aportes hidrológicos del sector, como ser lluvias, deshielos o aportes de la capa freática (aguas subterráneas) .

Para lograr ello, se debe tener estadísticas locales o sectoriales conocidas, o que la empresa minera efectuó su propio banco de datos estadísticos .

En caso que el aporte mayor sea las lluvias, además de determinar las frecuencias y los caudales de precipitación de ellas, es necesario definir el coeficiente de escorrentía, es decir, el porcentaje de la lluvia caída que puede escurrir por la superficie alcanzando el embalse de relaves .

e) Humedades contenidas en arenas de muros.

Este flujo corresponde a agua acumuladas, que se caracteriza por estar constituida por toda la humedad que queda asociada a las arenas de relaves y que no son posibles de escurrir hacia al exterior de los muros .

La humedad es relativamente constante y oscila alrededor del 10% del tonelaje total de arenas acumuladas en los muros .

f) Agua intersticial contenida en la cubeta del embalse.

El flujo de agua que queda asociada a las lamas o relaves depositados en la cubeta del embalse, corresponde al agua intersticial incorporada a los huecos que deja la fracción sólida en el embalse”.

Dado que el corazón de un embalse siempre se encontrará saturado, al menos por un periodo calendario relativamente largo, es posible definir que todos los huecos entre las partículas sólidas se encontraran rellenos con agua; pudiendo de esta forma determinar la acumulación de agua a partir del tonelaje sólido que se está embalsando y de la densidad in situ de dicho relave .

Normalmente, se acostumbra calcular el agua intersticial contenida en el embalse de relave a partir de las definiciones de densidad in situ seca y cálculo del índice de huecos .

g) Infiltraciones.

Uno de los flujos de salida más errático lo constituye las infiltraciones al terreno. Dichas infiltraciones corresponden al agua asociada del relave que empieza a filtrar hacia al terreno natural colindante con el embalse .

Se debe considerar que dado el alto grado de impermeabilidad que presenta las fracciones finas del relave en la cubeta de este, la zona de contacto entre el relave y el terreno común colindante, presenta infiltraciones de un orden de magnitud relativamente bajos, en cambio la zona que queda en contacto entre la laguna de agua clara y el terreno común presenta un grado de infiltración extremadamente si dicha laguna de agua clara presenta una potencia o altura importante .

Es preciso señalar que el grado de infiltración de aguas desde el embalse de relave depende de la magnitud del perímetro de contacto entre las lagunas de aguas claras y el terreno natural donde se está conteniendo dicho embalse .

La evaluación de este grado de infiltración es bastante difícil de hacer y normalmente los balances de agua se cierran determinando este parámetro .

h) Evaporación.

La evaporación de agua desde un embalse de relaves, depende del lugar donde se encuentre construido el embalse y sus características climatológicas (grado de radiación solar, vientos, etc.), lo cual permite definir al menos en una aproximación razonable cual sería la tasa de evaporación en L/m^2 de laguna que tendría un embalse de relaves .

Cabe hacer notar que la evaporación se produce no solo desde las zonas de la laguna, sino que también desde las zonas de playas, sin embargo, en este último caso el grado de evaporación está circunscrito fundamentalmente a los canales de relaves que se forman por sobre las playas de un embalse y en menor grado sobre la superficie saturada de lamas .

Por lo tanto, las cuantificaciones de este parámetro, pueden ser definidas a partir de superficies de evaporación y de la tasa de evaporación estimadas .

i) Recirculación al concentrado.

Este parámetro corresponde a todo flujo de aguas que se extrae desde un embalse de relaves, ya sea mediante recirculación desde el sector de lagunas, es decir desde la zona de la cubeta del embalse o desde la zona del muro, mediante una recirculación desde los drenes de los pies de dicho tanque .

j) Vaciado a cauce natural.

En diversos depósitos se puede efectuar un vaciado de las aguas excedentes a cauce natural, dicha práctica es variable dependiendo de la época del año .

En algunos casos se acostumbra a realizar un tratamiento de aguas previo a su vaciado, de modo de cumplir con los requisitos de normas de agua potable y/o riego .

k) Forestación.

Existe la posibilidad de efectuar el vaciado de los excedentes de aguas desde el embalse hacia sectores de forestación destinados a absorber dichos caudales excedentes .

De esta forma, el complejo minero se libera del cumplimiento de normas de control a menudo bastantes exigentes .

2.3.1.13. Criterio de cálculo del balance de aguas.

Para efectuar un balance de agua con el fin de definir equipos y obras necesarias para la manipulación segura de este fluido, se presenta a continuación los siguientes criterios .

Flujo de agua asociada al relave:

Este caudal se puede determinar a partir del tonelaje de relaves producido y el grado de concentración en peso al cual se envía para su disposición .

El caudal de agua asociada se puede determinar según :

$$QW1 = (Tr * (100 - Cpr)) / Cpr$$

QW1: Caudal de agua asociada al relave (m³/día).

Tr: Tonelaje de relaves producidos (t/día).

Cpr: Concentración en peso del relave (%).

Flujo de agua de alcantarillados :

Este caudal desde ser aforado para lograr un valor con alta precisión .

Flujo de aguas de descartes sanitario:

Este caudal (**QW3**), es importante de estimar en forma general y desde ser estudiado en cada caso en particular .

Sin embargo, en los complejos mineros dichos valores no pueden ser superiores a un 10% de flujo de agua asociada al relave .

$$QW3 \leq 0.1 * QW1$$

QW3: Caudal de agua de descartes sanitarios (m³/día).

Aportes hidrológicos (lluvias y deshielos):

Los aportes hidrológicos no dependen del proceso minero y solo pueden ser definidos en función de la posición geográfica del embalse .

Para obras de gran envergadura, con muros sobre 20 m de altura y/o volúmenes superiores a 1,000,000.00 m³, es imprescindible efectuar estudios hidrológicos completos para definir la magnitud de los aportes en función de su posibilidad de ocurrencia .

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, es posible determinar el flujo de aportes hidrológicos para años medios, el cual servirá para los balances globales de agua al sistema, y para crecidas de ocurrencia milenaria, valor que se utilizaría para el diseño de las obras de evacuación de emergencia .

Para el cálculo del flujo de agua que ingresaría al embalse, es necesario conocer el área aportante y su razón de escorrentía .

En flujo de agua de aportes hidrológicos se puede calcular con las siguientes ecuaciones :

$$\mathbf{QW4 (med)=A *Ce*Tamed}$$

$$\mathbf{QW4(max)= (A *Ce*Ta max)/100}$$

QW4 (med): Caudal de aporte hidrológico medio (m³/día).

QW4 (max): Caudal de aporte hidrológico máximo (m³/día).

A: Superficie de terreno aportante de aguas (m²).

Ce: Coeficiente de escorrentía (%), variable entre 50 y 90%

Ta med: Tasas de precipitación media (m³/m²*día).

Ta max: Tasas de precipitación máxima (m³/m²*día).

Si el embalse es de reducido tamaño, se puede estimar los flujos de agua a partir de las tablas lluvias del senami por las distintas zonas del país, empleando las siguientes correlaciones para determinar las tasas de precipitación :

$$\mathbf{Ta med=01*P10*0.001}$$

$$\mathbf{Ta max=4.0*P10*0.001}$$

P10: Precipitación máximas en 24 horas.

Humedades contenidas en las arenas:

La determinación de la humedad retenida en las arenas de los muros puede calcularse :

$$\mathbf{QW5= (H*Ta) /100}$$

QW5: Caudal de agua retenida como humedad de las arenas de los muros (m³/día).

H: Humedad remanente de los muros de arenas (%). Normalmente varia de 8 a 10%.

Ta: Tonelaje de arenas depósito para construcción de muros (tn/día). Normalmente varía entre un 20 a 50% de tonelaje total de relaves, es el caso de muros construidos de arena de relaves.

Agua intersticial contenida en la cubeta del embalse:

El caudal de aguas que queda retenido en la cubeta se puede determinar por :

$$QW6 = (1 - Ss/S) * Trd/Ss$$

QW6: Caudal de agua retenida en la cubeta como agua intersticial (m³/día).

Trd: Tonelaje de relaves depositado en la cubeta del tanque (m³/día).

Ss: Densidad in situ del relave o lamas depositadas en la cubeta (tn/m³). Normalmente varía entre 1.25 y 1.45 (tn/m³).

S: Densidad total del relave seco (tn/m³). Normalmente varía entre 2.55 y 2.85 (tn/m³).

Infiltraciones:

Las infiltraciones son más difíciles de estimar puesto que ellas dependen de la permeabilidad del terreno donde se construye el embalse, el área de contacto entre las lagunas de agua clara y el embalse, de las profundidades de las lagunas de agua clara y de la superficie de contacto entre el relave depositado y el terreno .

Para una evaluación preliminar, se debe constatar que dichas infiltraciones son superiores a un 10% del caudal de agua asociadas al relave a la entrada del embalse .

$$QW7 > 0.1 * QW1$$

QW7: Caudal de infiltración en terreno (m³/día).

Evaporación:

Las tasas de evaporación del sector donde se construirá un nuevo embalse pueden ser estimadas a partir de datos climáticos adecuados (tasa de radiación solar, velocidad de viento, etc.), o a partir de estadísticas de medición directas de la tasa de evaporación .

El flujo de agua evaporada, se puede calcular según:

$$QW8=(A1+Ac) *Te*0.001$$

WQ8: Caudal de agua evaporada (m³/día).

A1: Superficie de aguas claras (m²).

Ac: Superficie de canales de relaves sobre playas del embalse (m²).

Normalmente esta área es del orden de 10 a 30% del área total de embalse.

Te: Tasa de evaporación (L/m²*día).

Recirculación al concentrado:

El agua recirculada hacia el concentrador corresponde a los excedentes de aguas de los flujos anteriores. Es decir, este caudal puede ser calculado según:

$$QW9=QW1+QW2+QW3+QW4(\text{med})-QW5-QW6-QW7-QW8$$

QW9: Caudal de agua posible de recircular al concentrador (m³/día).

El orden de magnitud de las aguas posibles de recuperar desde un embalse de relaves oscila entre un 40 a 55% del agua contenida en los relaves espesados y entre un 50 a 70 % para relaves sin espesar .

Vaciado a cauce natural:

Este flujo corresponde a los excedentes de agua desde el tanque que no son retornadas al concentrador .

$$QW10 \leq QW9$$

QW10: Caudal de agua vaciada a cauce natural (m³/día).

Como este flujo es fuertemente dependiente del aporte hidrológico normalmente se puede definir que el flujo máximo descarto es similar al caudal hidrológico en crecida .

$$QW10 \max = QW4 \max$$

Observación: El embalse de relaves podría estar dotado de una capacidad de amortiguamiento de los flujos hidrológicos de entrada. Así, se podría descartar de entrada, posibilitando aumentar la recirculación de aguas hacia el concentrador .

Agua para forestación:

Este flujo corresponde a los excedentes de agua del tanque que no son retornadas al concentrador. La única salvedad radica en que ellas solo pueden ser descargadas del embalse en la época del año adecuada para irrigar la forestación en crecimiento .

$$QW11 \leq QW9$$

QW11: Caudal de agua utilizada en forestación ($m^3/día$).

2.3.2. Conceptos básicos en la estabilidad.

Bajo el nombre de talud se denomina a cualquier superficie inclinada que limita un macizo de suelo, de rocas o de suelo y roca. Estos pueden ser naturales, como las laderas o artificiales, como los taludes de cortes y terraplenes. La figura nos muestra la terminología usualmente adoptada .

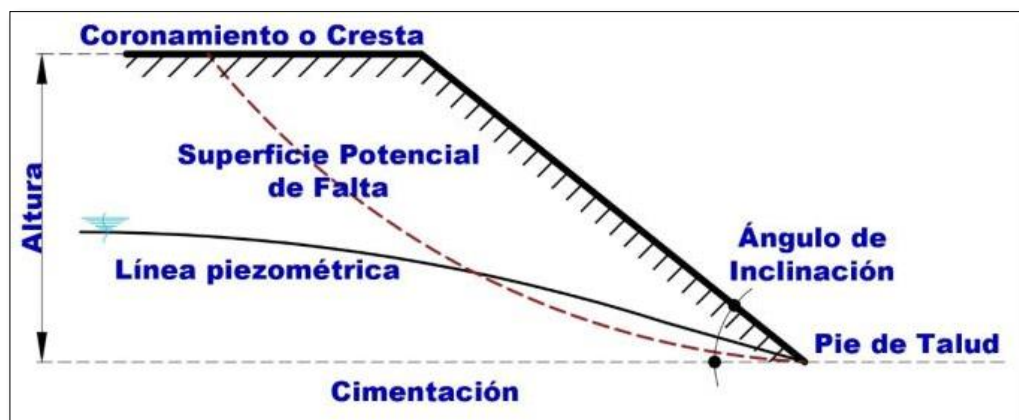


Figura N° 12: Terminología Usada para Describir un Talud.

Fuente: Elaboración Propia.

En los estudios de estabilidad de taludes intervienen decisivamente condiciones relativas a la naturaleza de los materiales y agentes perturbadores, siendo éstos de naturaleza geológica, hidrológica y geotécnica, lo que los tornan de mayor complejidad, abriendo amplios horizontes a los especialistas de estas ramas .

El proyecto adecuado de una estructura geotécnica requiere que soporte las máximas fuerzas que tengan probabilidad razonable de presentarse durante el periodo de vida útil de la estructura, y que dicha estructura cumpla bien su función, pero dentro de un costo razonable. La evaluación de la estabilidad de la estructura es cuantificada usando el llamado “factor de seguridad global” o simplemente “factor de seguridad”.

2.3.2.1. Tipos de fallas en taludes.

Castañón P (2012) define que, generalmente la masa de suelo permanece estable durante un tiempo, pero bajo el efecto de una o varias de las causas mencionadas, actuando en conjunto, comienza a deslizar lentamente. Si el movimiento progresa, el suelo se agrieta y rompe en pedazos. Otras veces la falla es brusca, sin aviso previo .

Pueden presentarse varios tipos de superficie de falla:

A. Falla por deslizamiento superficial:

Rodríguez R (2010) define a esta falla como "un proceso más o menos continuo y por lo general lento de deslizamiento ladera abajo que se presenta en la zona superficial de algunas laderas naturales". Este tipo de falla suele afectar grandes áreas de terreno. El movimiento superficial se produce sin una transición brusca entre la parte superficial móvil y la masa inmóvil más profunda. No se presenta una superficie de falla definida .

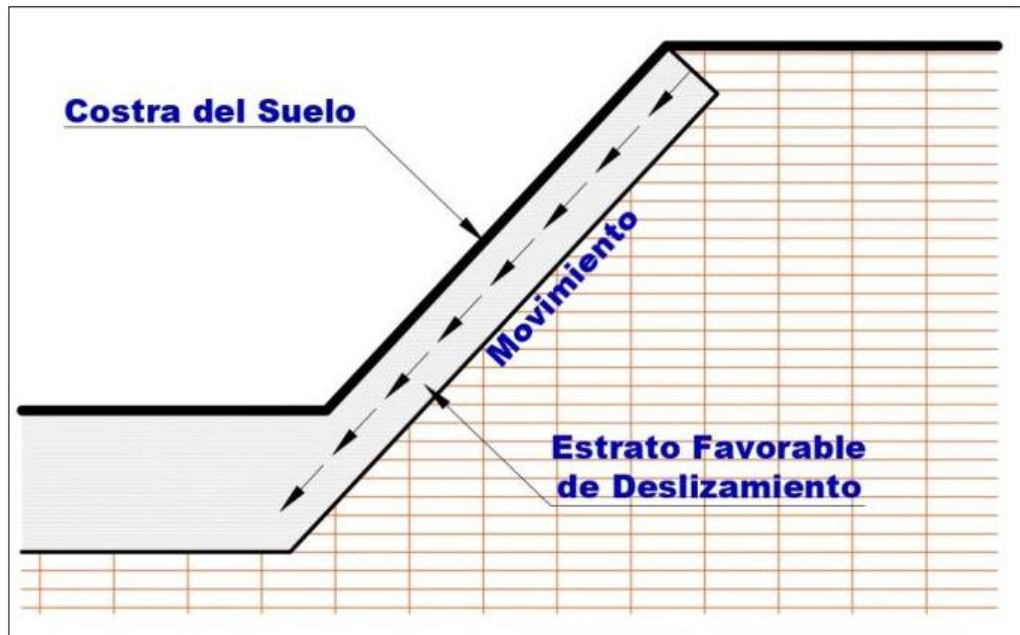


Figura N° 13: Falla por Desplazamiento Superficial Sobre un Estrato.
Fuente: Rodríguez R. (2010).

B. Falla local o de frente:

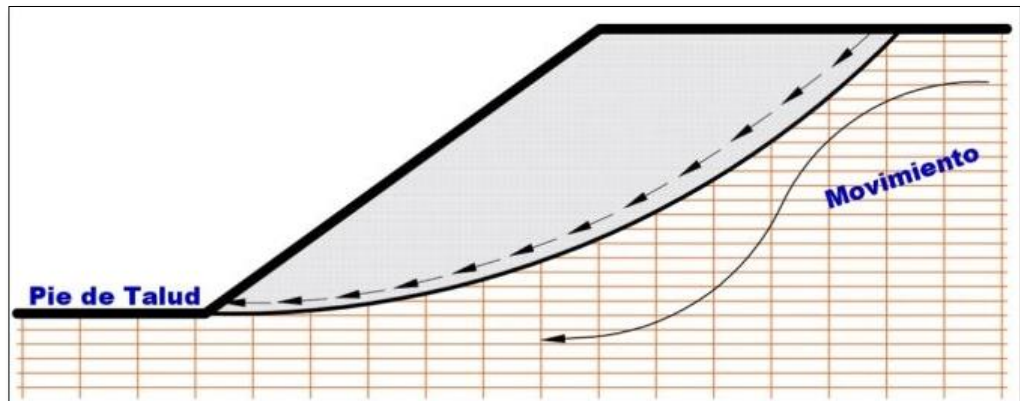
Horacio B (2006) define que, la falla local se presenta cuando el plano crítico de deslizamiento intercepta la superficie del talud por encima del pie. Esto se produce generalmente por la presencia de algún estrato firme impermeable intermedio, sobre el cual desliza solo una parte de la masa del talud. En la mayoría de los casos no corresponde a una falla catastrófica .



Figura N° 14: Falla Local o de Frente.
Fuente: Horacio B. (2006).

C. Falla de pie:

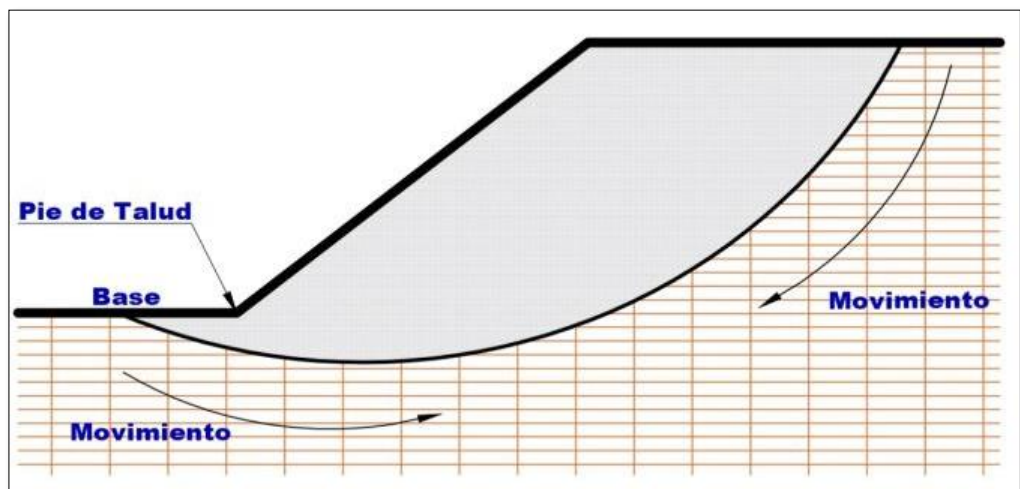
Horacio B (2006) define que, se presenta cuando la superficie de falla tiene cercanía del pie del talud, se produce cuando la pendiente es muy pronunciada y para suelos con un ángulo de fricción considerable, corresponde a una falla catastrófica del talud .



*Figura N° 15: Falla de Pie.
Fuente: Horacio B. (2006).*

D. Falla de base o profundidad:

Castafión P. (2012) menciona que, esto ocurre cuando la superficie de falla corta al plano horizontal que forma la base del talud, y corresponde a una falla general de toda la geometría del talud, esta falla profunda ocurre en arcillas blandas. La parte superior del suelo desliza y cae, y la superficie cercana al pie se levanta .



*Figura N° 16: Falla de Base o Profunda.
Fuente: Castafión P. (2012).*

E. Falla por traslación:

Castañón P. (2012) define que, esta falla se presenta como un movimiento importante del cuerpo del talud, sobre una superficie relativamente plana asociada a estratos poco resistente localizada en las cercanías del pie del talud. Generalmente el factor que provoca la activación del mecanismo de falla es un aumento en las condiciones de presión de poro en el estrato débil .

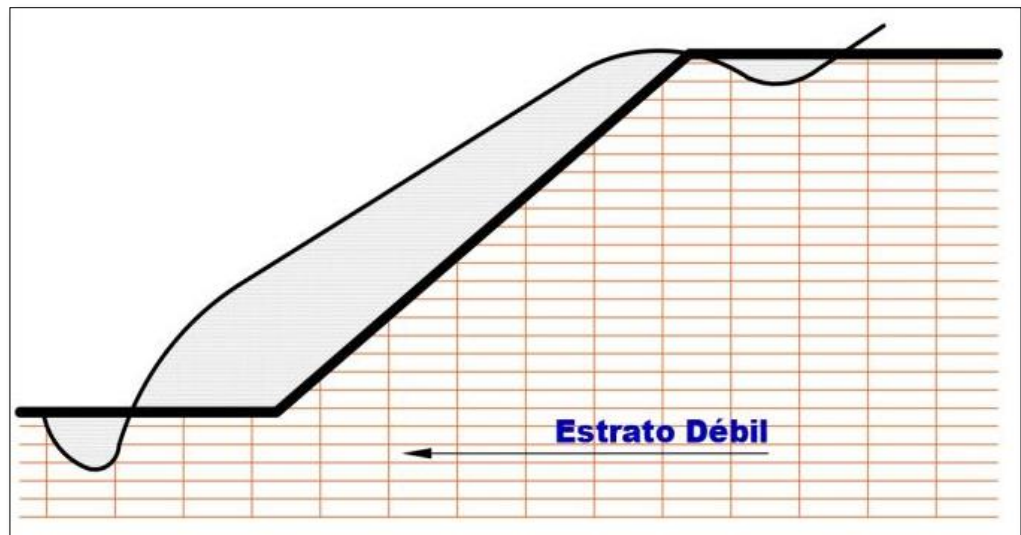


Figura N° 17: Falla por Traslación
Fuente: Castañón P. (2012).

2.3.2.2.El factor de seguridad.

Según la Guía ambiental para la estabilidad de taludes de depósitos de desechos sólidos de mina, MEM-DGAA, Lima-Perú, agosto de 1997 .

El factor de seguridad “Fs”, para un talud se define generalmente como la relación entre la resistencia al corte disponible con respecto del esfuerzo cortante sobre la superficie de falla crítica .

Las características de esfuerzos y deformaciones de la mayoría de suelos son tales que se pueden presentar deformaciones plásticas relativamente grandes en cuanto se aproximan los esfuerzos cortantes aplicados a la resistencia al corte del material. En el diseño de un talud o depósito, el factor de seguridad debe ser mayor a la unidad .

2.3.2.3. *Movimiento de masa.*

Sagun Highland, L.M., and Bobrowsky, Peter, 2008, *The landslide handbook—A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p.

¿Qué es un movimiento de masa?

Para el propósito de la presente tesis, un movimiento de masa (landslide), es un término usado en general para describir el movimiento cuesta abajo de los suelos y rocas bajo efecto de la gravedad.

Las distintas clasificaciones de movimientos de masas están asociadas con mecanismos específicos de falla del talud y las propiedades y características de los tipos de falla.

Existen otras frases o vocablos similares que son usados con el término “movimientos de masa”, incluyendo movimiento de masas, falla de taludes, etcétera. Independientemente de la definición exacta usada o del tipo de movimientos de masa bajo discusión, el entendimiento de las partes básicas de un movimiento de masa típico es útil. En la siguiente figura se muestra la posición y los términos usados más comunes para describir las partes de un movimiento de masa.

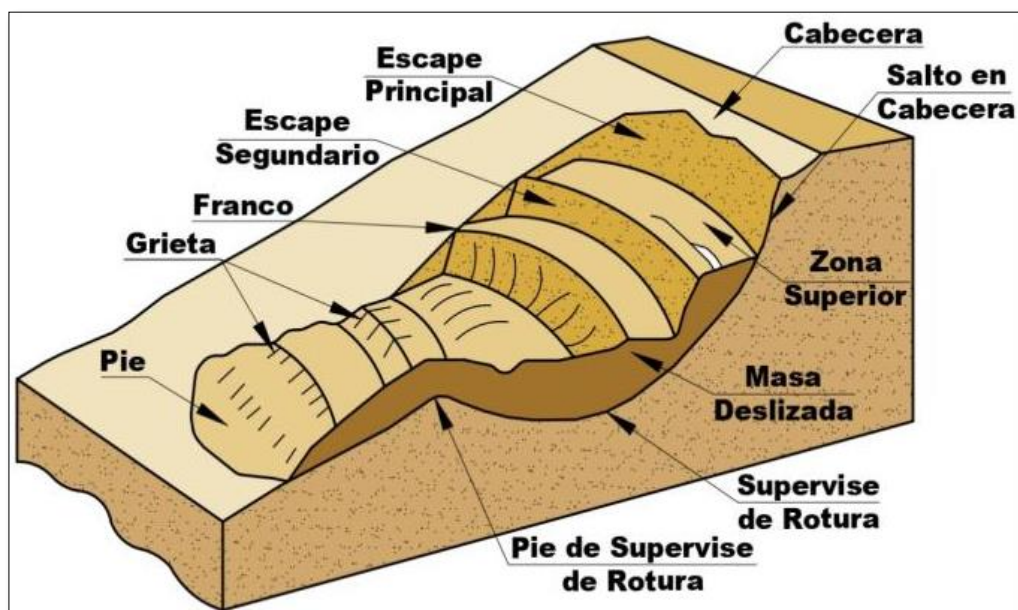


Figura N° 18: Elementos de un Movimiento de Masa.
Fuente: Google (año 2019).

2.3.2.4. Método de análisis de estabilidad de talud.

Herrera R. (2000) define que, los métodos de cálculo para el análisis de la estabilidad de un talud se pueden clasificar en dos grandes grupos :

- Métodos de análisis límite.
- Métodos de equilibrio límite.

2.3.2.4.1. Métodos de análisis límite (Método de cálculo en deformaciones):

Horacio B. (2006) define que, presentan cierto grado de complejidad, además de las leyes de la estática que necesitan de la aplicación de métodos de elementos finitos u otros métodos numéricos, además permiten el cálculo de deformaciones, así como el de esfuerzos, tomando en cuenta la ley de comportamiento del material .

2.3.2.4.2. Método de equilibrio límite:

Herrera R. (2000) menciona que, el método del equilibrio límite estudia el equilibrio de un cuerpo rígido constituido por el talud y una superficie de deslizamiento de cualquier forma. En el equilibrio se calculan las tensiones de corte y se comparan con la resistencia disponible, valorada con el criterio de rotura de Coulumb. Está basado en estudio de equilibrio último de una masa supuesta inestable. Se requiere de una superficie potencial inestable, las fuerzas exteriores actuantes y de presiones de agua que actúan en la superficie de rotura. Estas condiciones inducen al desplazamiento y las resistencias determinando fuerzas resultantes a esfuerzo cortante. El análisis se realiza bajo la hipótesis de deformación plana, es decir, se considera que el talud es indefinido en la dirección horizontal paralela al paramento del talud, y no se tiene en cuenta para nada las deformaciones, y que el coeficiente de seguridad se obtiene del equilibrio de fuerzas .

Almache S. (2014) define que, el método de equilibrio límite asume que, en el caso de una falla, las fuerzas actuantes y las resistentes son iguales a lo largo de la superficie de falla equivalentes

a un factor $FS = 1.00$, es decir en equilibrio. El análisis se puede realizar estudiando directamente la totalidad de la longitud de la superficie de falla o dividiendo la masa deslizada en dovelas (tajadas). Con este método se asume que el factor de seguridad es igual para todos los puntos a lo largo de la superficie de falla .

MTC (2010) define que, el método de equilibrio límite en el análisis de estabilidad de taludes se basa en la resistencia al deslizamiento de un talud, tomando en cuenta ciertas hipótesis en relación al mecanismo de falla, condiciones de equilibrio, nivel freático, resistencia cortante, etc .

Herrera R (2000) define que, se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta la deformación del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte .

Tabla N° 8:

Diferentes Métodos y Características de Equilibrio.

Método	Superficies de falla	Equilibrio	Características
Ordinario o de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	De fuerzas	Este método no tiene en cuenta las fuerzas entre las dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Sin embargo, este método es muy utilizado por su procedimiento simple. Muy impreciso para taludes planos con alta presión de poros. Factores de seguridad bajos.
Bishop Simplificado (Bishop 1955)	Circulares	De momentos	Asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas son cero. Reduciendo el número de incógnita. La solución es sobre determinada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela.

Jan bu Simplificado (Janbu 1968)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Al igual de Bishop asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas. La solución es sobre determinada que no satisface completamente las condiciones de equilibrio de momentos. Sin embargo, Janbu utiliza un factor de corrección F_0 para tener en cuenta este posible error. Los factores de seguridad son bajos.
Sueco Modificado U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Supone que las fuerzas tienen la misma dirección que la superficie del terreno. Los factores de seguridad son generalmente altos.
Lowey Karafiath (1960)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Asume que las fuerzas entre partículas están inclinadas a un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas. Esta simplificación deja una serie de incógnitas y no satisface el equilibrio de momentos. Se considera el más preciso de los métodos de equilibrio de fuerzas.
Spencer (1967)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que la inclinación de las fuerzas laterales es la misma para cada tajada. Rigurosamente satisface el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.
Morgenstern y Piece (1965)	Cualquier forma de superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. El método es similar al método Spencer con la diferencia que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas se asume que varía de acuerdo a una función arbitraria.

Fuente: Jaime Suárez Badillo, Libro "Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales"

Se pueden clasificar a su vez en dos grupos:

01) Métodos exactos.

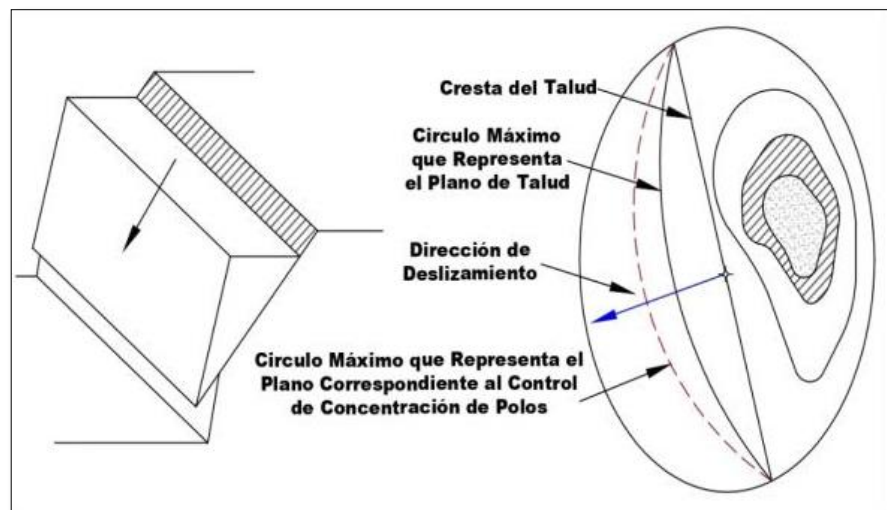
02) Métodos no exactos.

01) Métodos exactos:

Herrera R (2000) define que, la aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla, como por ejemplo la rotura planar y la rotura por cuñas .

a) Rotura planar:

Herrera R (2000) define que, se llama rotura planar o plana a aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud .



*Figura N° 19: Rotura Planar.
Fuente: Herrera R. (2000).*

El análisis cinemático tiene en cuenta cuatro condiciones estructurales así :

- La dirección de la discontinuidad debe estar a menos de 20 grados de la dirección de la superficie del talud .
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser menor que el buzamiento de la superficie del talud .
- El buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor que su ángulo de fricción .
- La extensión lateral de la masa potencial de falla debe ser definida por superficies laterales que no contribuyen a la estabilidad. Si las condiciones anteriores se cumplen la estabilidad puede evaluarse por el método del equilibrio límite. El análisis de estabilidad requiere la solución de fuerzas perpendiculares y paralelas a la superficie de falla potencial .

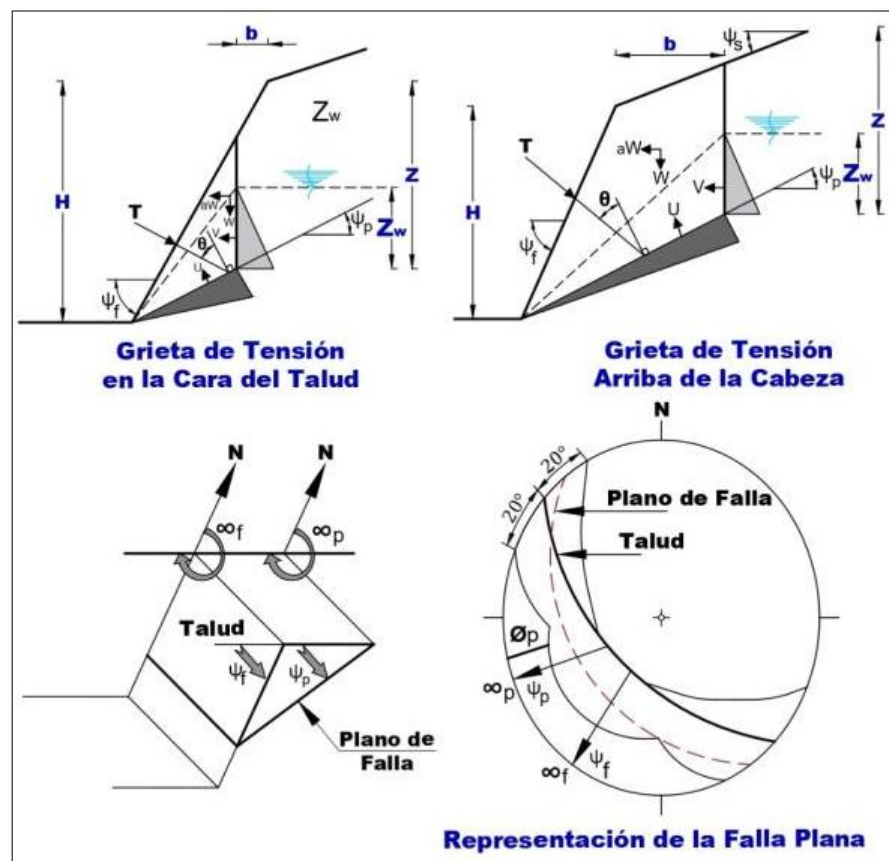
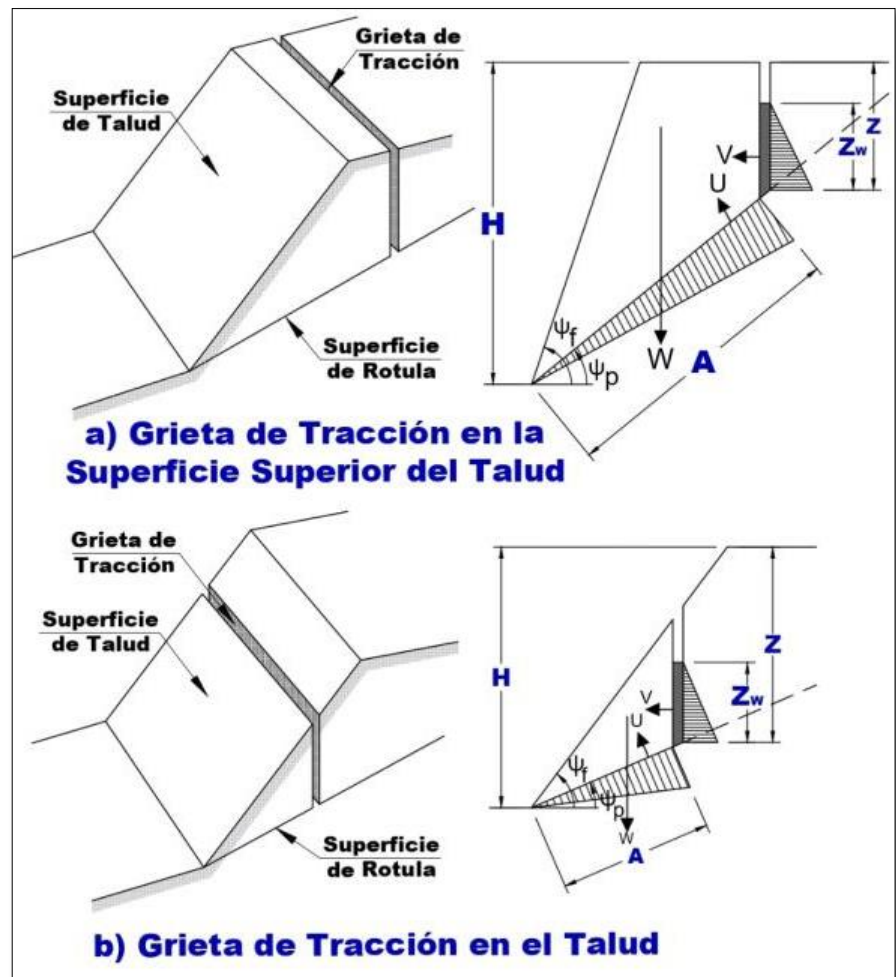


Figura N° 20: Esquema y Representación de Varios Casos de Falla Plana.

Fuente: Herrera R. (2000).

En el caso de rotura planar el factor de seguridad "FS" se obtiene de forma directa como cociente entre las fuerzas que tienden a producir el movimiento y las fuerzas resistentes del terreno que se oponen al mismo, proyectadas todas según la dirección del plano de rotura. Al calcular FS de esta manera, se supone implícitamente constante a lo largo de toda la superficie de rotura, lo cual se acepta a pesar de no ser estrictamente cierto .

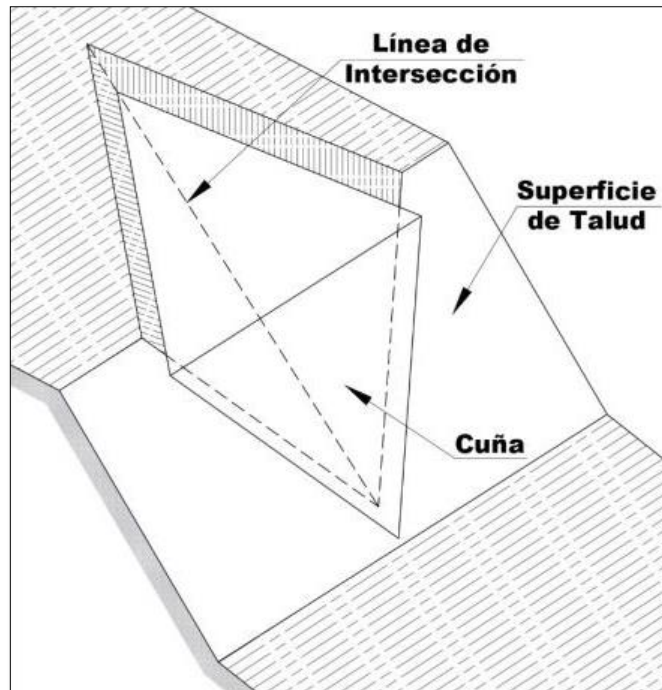


*Figura N° 21: Plano Inclinado de Rotura Planar.
Fuente: Herrera R. (2000).*

b) Rotura por cuña:

Herrera R (2000) menciona que, la rotura por cuña, aquella que se produce a través de dos discontinuidades oblicuamente a la superficie del talud, con la línea de intersección de ambas aflorando en la superficie del mismo y buzando en sentido desfavorable .

Este tipo de rotura se origina preferentemente en macizos rocosos en los que se da una disposición adecuada, en orientación y buzamiento de las diaclasas .



*Figura N° 22: Rotura por Cuña.
Fuente: Herrera R. (2000).*

“El análisis cinemático de una falla en cuña es controlado por la orientación de la línea de intersección de los dos planos. Las condiciones estructurales que se deben cumplir son las siguientes”:

- La dirección de la línea de intersección debe ser aproximadamente cercana a la del buzamiento de la superficie del talud .
- El buzamiento de la línea de intersección debe ser menor que el de la superficie del talud .
- El buzamiento de la línea de intersección debe ser mayor que el ángulo de fricción promedio de las dos superficies .

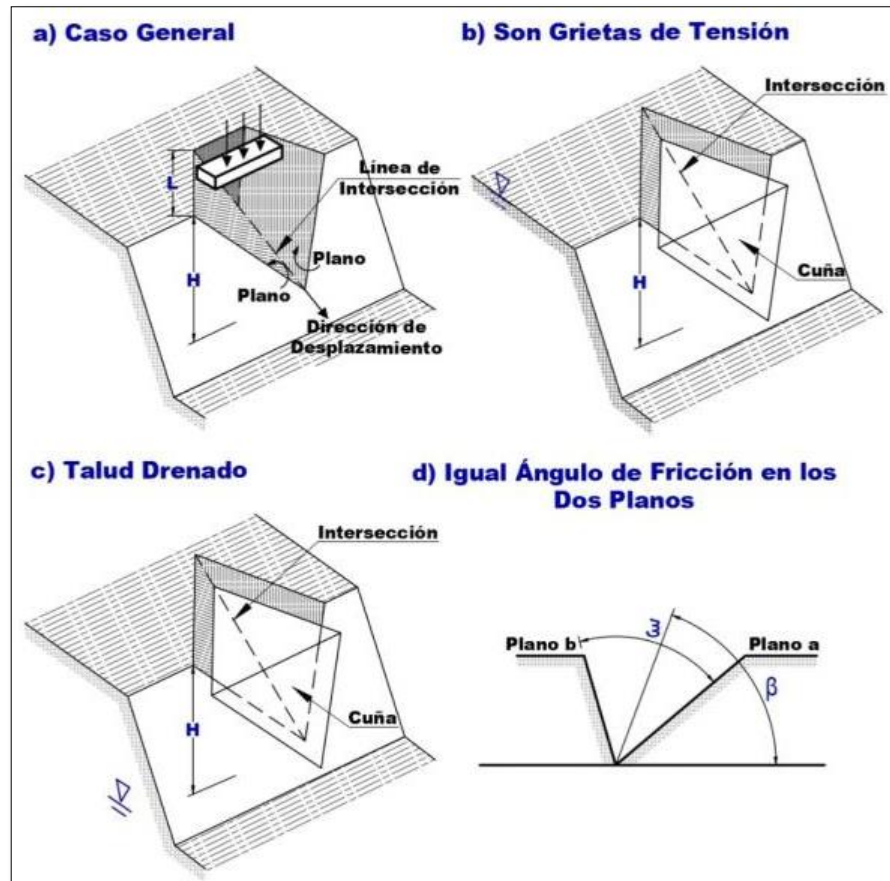


Figura N° 23: Análisis de Falla en Cuña.
Fuente: Herrera R. (2000)

02) Métodos no exactos:

Herrera R. (2000) define que, en la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes de la estática. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales”.

a) Método de dovelas o rebanadas:

Herrera R. (2000) define que, los métodos empleados para calcular el factor de seguridad para cualquier superficie de

deslizamiento de prueba deberían tomar en cuenta los cambios en la resistencia al corte y en la presión variable de agua de poros a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial. Los cambios en los parámetros de resistencia y en las condiciones de presión de agua de poros pueden ser tomados en cuenta por el procedimiento general conocido como método de "tajadas" o de dovelas. En este método, se escoge una superficie de prueba y la masa potencial de deslizamiento se divide en un número de tajadas verticales .

Como las fuerzas que actúan sobre los límites verticales de las tajadas producen momento neto cero alrededor del centro de rotación de la masa potencialmente inestable, las fuerzas laterales son descuidadas. Se asume que el corte y los esfuerzos normales sobre la base de cada tajada dependen sólo del peso de la tajada y de la presión de agua de poros en su base. Si la masa de deslizamiento potencial es dividida en tajadas de ancho unitario, las fuerzas sobre la base de cada tajada serán numéricamente iguales a los esfuerzos sobre la base de la tajada .

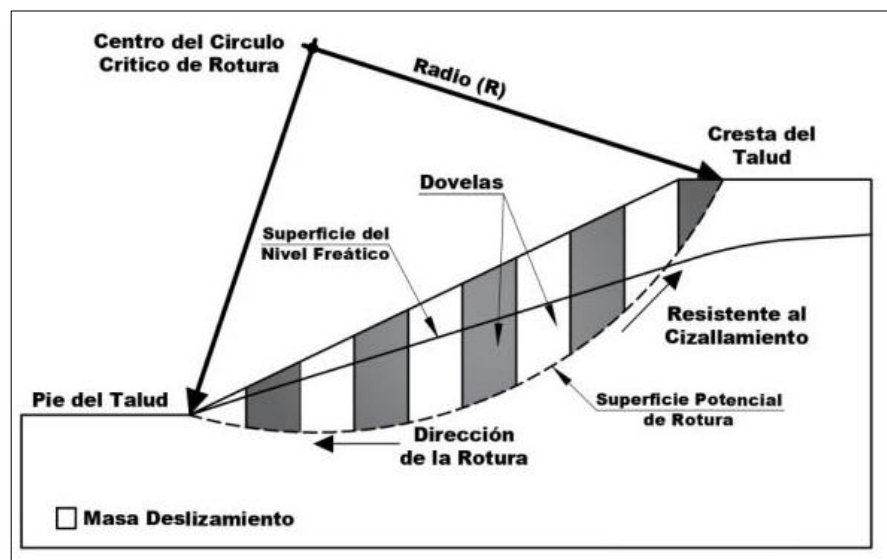


Figura N° 24: Método de Dovelas o Rebanadas.
Fuente: Herrera R. (2000).

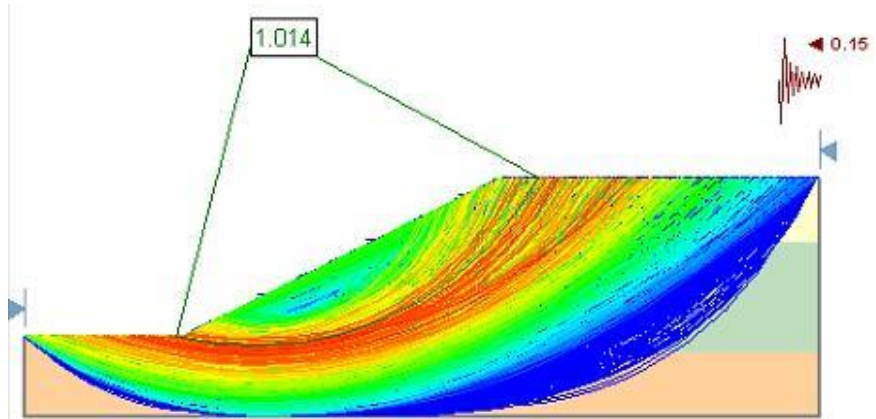


Figura N° 25: Círculo de Falla Aguas Abajo.
Fuente: Elaboración Propia.

Los métodos de las dovelas o rebanas pueden clasificarse en dos grupos:

- a. **Métodos aproximados:** no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop.
- b. **Métodos precisos o completos:** cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

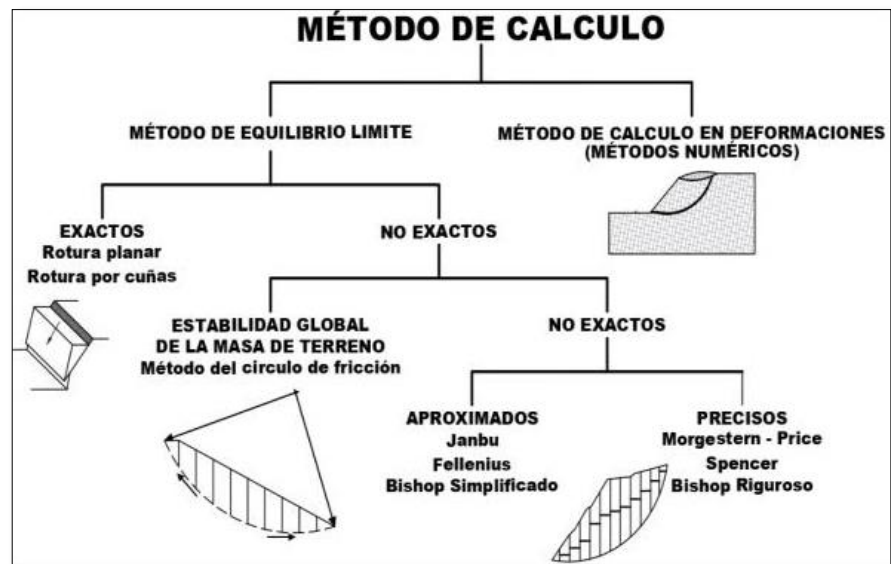


Figura N° 26: Clasificación General de los Métodos de Cálculo de Estabilidad.

Fuente: Camiper.

a. Métodos de aproximados:

- ✓ Método de Janbu.

La principal consideración de este método es que las fuerzas entre dovelas son solo horizontales. No tomando en cuenta las fuerzas cortantes. (Plaza & Cifuentes, 2013).

$$F_s = \frac{f_o * \sum(c * B + (W - u * B) * \tan\phi) / \cos\alpha * m_a}{\sum W * \tan\alpha}$$

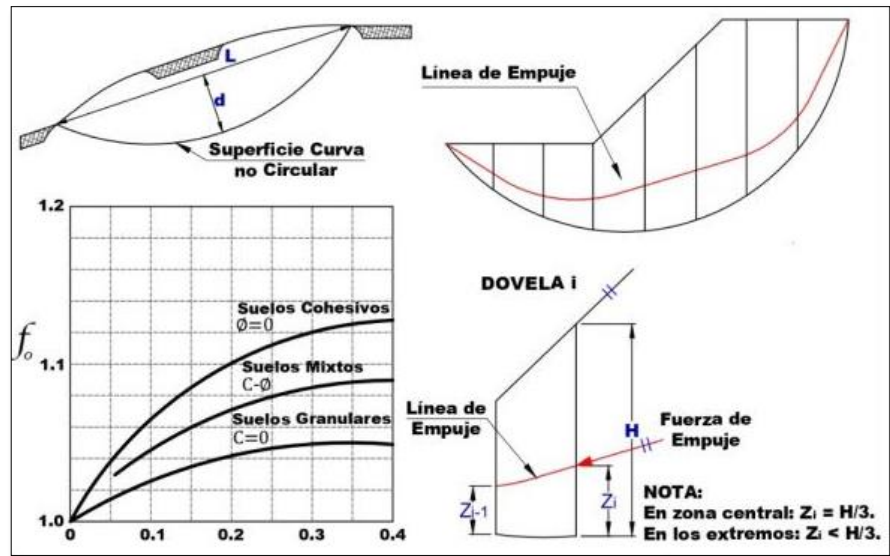


Figura N° 27: Formulación del Método de Janbu.
Fuente: Plaza & Cifuentes, 2013.

- ✓ Método de Fellenius.

Se basa en métodos de equilibrio límite las cuales se denominan en método de dovelas, la cual consiste en dividir la masa de suelo potencialmente deslizante, en dovelas verticales.

Calculándose así las dovelas con la finalidad de analizar el equilibrio global, obteniéndose así un factor de seguridad (F_s), definidos como la relación entre fuerzas resistentes y fuerzas actuantes, a continuación, se presenta la fórmula:

$$F_s = \frac{\sum(c * B + (W * \cos\alpha - u * B) * \tan\phi')}{\sum W * \sin\alpha}$$

Las fuerzas verticales y horizontales definen la interacción entre las dovelas, y es la evaluación de estas reacciones internas lo que establece la diferencia fundamental entre los métodos a continuación se muestra la formulación del método Fellenius. (Valladares Ibarra, 2015, págs. 29-30).

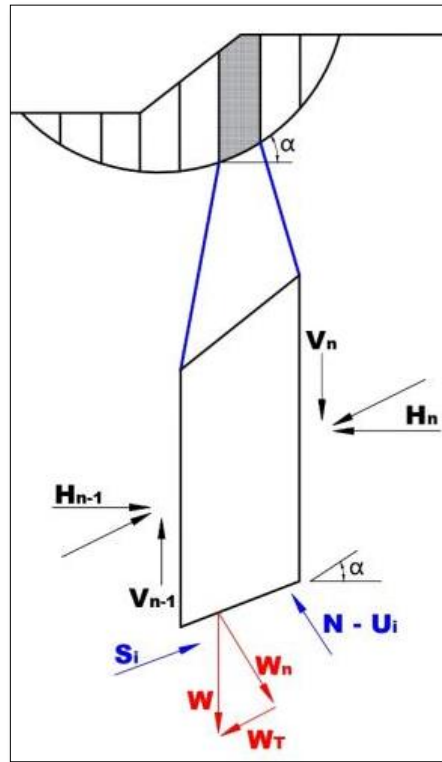


Figura N° 28: Formulación del Método de Fellenius.
Fuente: Valladares Ibarra, 2015.

Donde:

W: Peso de la dovela.

W_N: Componente normal del peso de la dovela.

W_T: Componente tangencial del peso de la dovela.

N: Reacción normal del suelo sobre la dovela.

U: Presión de poros.

U_i: Fuerza producida por la presión de poros.

B: Base de la dovela.

C: Cohesión del suelo.

ϕ : Ángulo de fricción del suelo.

α : Ángulo de la superficie de falla en la dovela.

✓ Método de Bishop Simplificado.

Debido a que el método de las rebanadas o dovelas no es muy preciso para suelos friccionantes, Bishop (1955) propuso otro método, originalmente desarrollado para superficies de fallas circulares, el cual considera la condición de equilibrio entre las fuerzas de interacción verticales actuantes entre las rebanadas.

Ya que en los suelos friccionantes ($\phi > 0$), la resistencia cortante depende de los esfuerzos confinantes, al considerar la condición de equilibrio de fuerzas verticales (solamente se considera empuje horizontal), la determinación de las fuerzas normales se hace más precisa. La Figura 28 ilustra la formulación de este método. (Valladares Ibarra, 2015, págs. 31-32).

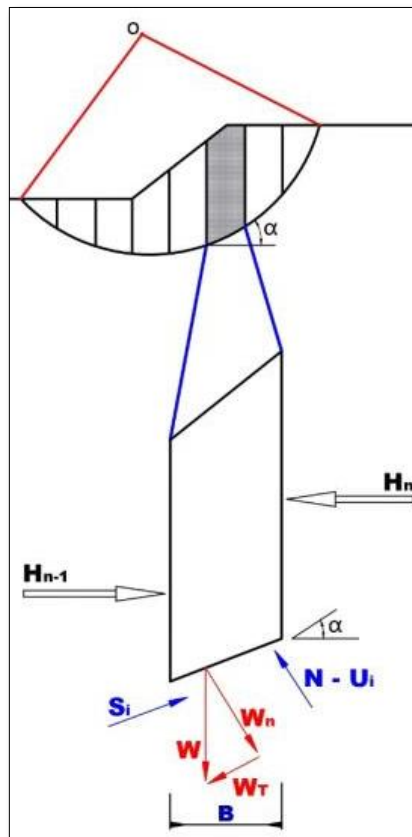


Figura N° 29: Formulación del Método de Bishop Simplificado.

Fuente: Valladares Ibarra, 2015.

b. Método precisos o completos:

- ✓ Método de Morgenstern y Price.

Este método consiste se basa en lograr el equilibrio de momentos la gran diferencia se debe a que la interacción entre las rebanadas viene dada por una función, la cual evalúa las interacciones a lo largo de la superficie de falla. La Figura 29 ilustra este método. (Valladares Ibarra, 2015, págs. 35-36).

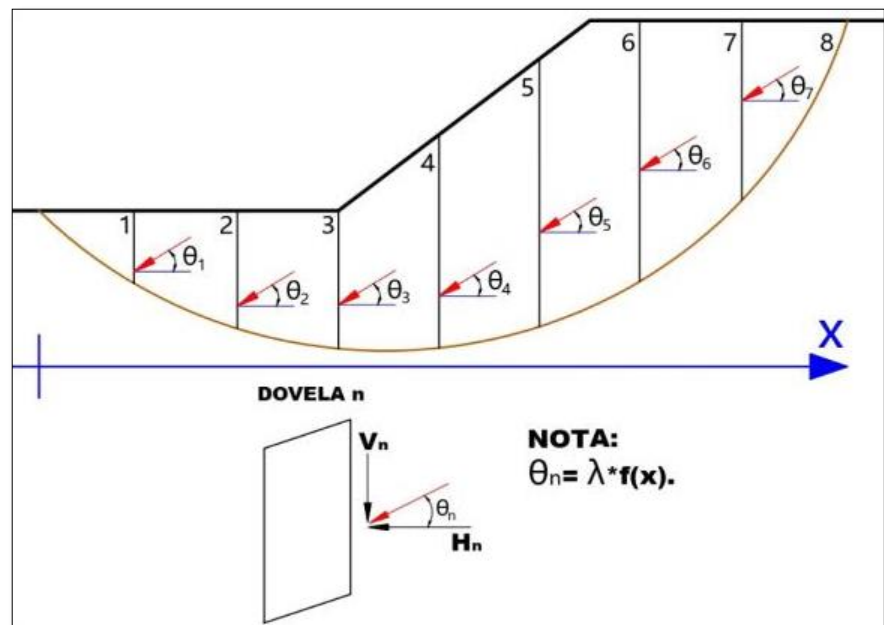


Figura N° 30: Formulación del Método de Morgenstern y Price.
Fuente: Valladares Ibarra, 2015.

- ✓ Método de Spencer.

Serrano, Escuder y Altarejos (2006) definen que, este método asume todas las fuerzas interdovelas están inclinadas a un mismo ángulo, el cual es calculado para satisfacer tanto el equilibrio de momentos como el equilibrio de fuerzas .

El método de Spencer es de los años 60, cuando ya se disponía de ordenadores. En este método, además de las fuerzas normales entre rebanadas se tienen en cuenta las de corte, mediante la siguiente ecuación :

$$X_i = \lambda \cdot E_i$$

Dónde:

X_i : es la fuerza de corte en el contacto

I : entre rebanadas

E_i : es la fuerza normal en el contacto i entre rebanadas.

λ : es una incógnita del problema.

Como λ vale lo mismo para todas las rebanadas, eso quiere decir que la inclinación de la resultante de las fuerzas entre rebanadas es constante para todas ellas. En cuanto al valor de λ , en el método de Spencer se escoge (se calcula) aquel que haga que el coeficiente de seguridad frente al vuelco sea igual al coeficiente de seguridad frente al deslizamiento .

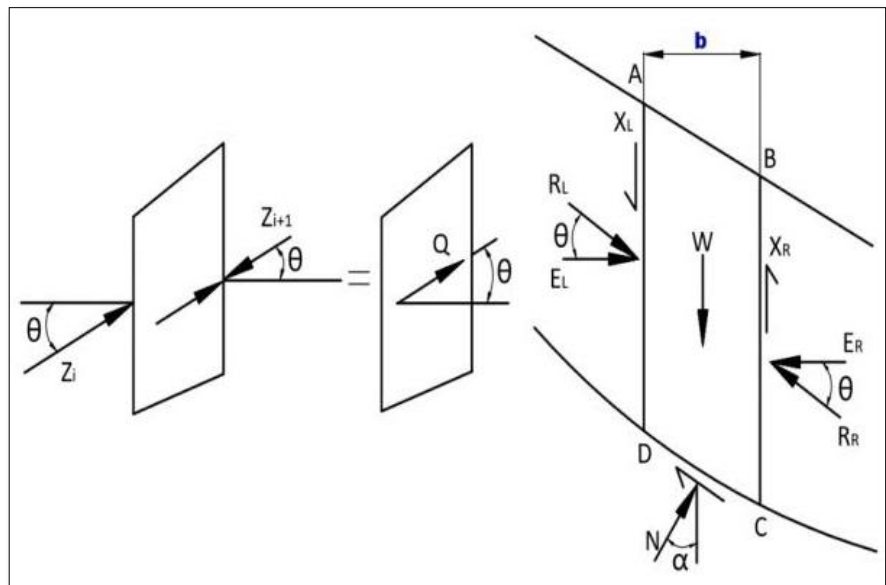


Figura N° 31: Formulación del Método de Spencer, Análisis de una Dovela.

Fuente: Jaime Suarez Badillo.

✓ Método de Morgenstern y Bishop.

El método de Bishop y Morgenstern (1960) es un procedimiento simplificado que permite estimar el factor de seguridad en forma relativamente expedita (Whitlow, 1994). El factor de seguridad en este método está dado por:

$$Fs = m - nru$$

Donde m y n vienen contenidos en la tabla de Bishop y Morgenstern (1960); Whitlow (1994) coeficientes de estabilidad para esfuerzo efectivo. Datos numéricos que ya están calculados.

$$nru = \frac{uw}{\gamma H}$$

$$rw = \gamma w * Hw'$$

2.3.2.5. Análisis de estabilidad del dique bajo acción sísmica.

Los efectos de un sismo en un talud pueden modelarse empleando aceleraciones horizontales y constantes. Terzaghi, en 1950, fue el primero en aplicar un modelo pseudo-estático para realizar un estudio de estabilidad de taludes durante un evento sísmico.

Existen varios métodos para realizar el análisis de estabilidad de taludes ante carga sísmica, entre los cuales podemos mencionar.

En estos modelos, se representan los efectos del sismo mediante aceleraciones pseudo-estáticas, las cuales producen fuerzas de inercia situadas en el centro de gravedad de cada dovela.

Donde las fuerzas están dadas por:

- Aceleraciones pseudo-estáticas horizontal y vertical.
- Coeficientes pseudo-estáticos horizontales y vertical adimensional.
- Peso de cada dovela analizada. (Kramer, Steven L., 1996)

2.3.2.6. Instrumentación geotécnica.

2.3.2.6.1. Monitoreos:

Los objetivos de un programa de monitoreo del talud de la relavara son :

- Proporcionar un aviso anticipado de la inestabilidad .
- Proporcionar información geotécnica para analizar los mecanismos de desplazamiento de la pendiente, para designar medidas correctivas .
- Mantener los procedimientos operacionales de seguridad con el fin de proteger al personal y los equipos .

Un programa de monitoreo permite establecer medidas de prevención para Evitar deslizamientos, colapsos de estructuras frente a potenciales fallas por acción dinámica. Durante la operación del depósito se instalarán los puntos de monitoreos tales como la instalación de inclinómetros, piezómetros, puntos de control geodésico y puntos de control topográfico .

Durante la construcción del depósito se instalarán los puntos de monitoreos tales como la instalación piezómetros, puntos de control geodésico y puntos de control topográfico los puntos estratégicos serán establecidos por consultor.

2.3.2.6.2. Puntos de monitoreo:

- Inclinómetros: El inclinómetro permitirá determinar los desplazamientos del talud de los bancos del depósito de relaves a diferentes profundidades, así como asentamientos de los materiales Dichos desplazamientos son de gran utilidad para evaluar el grado de estabilidad. Los monitoreos inclinométricos, se basan en las deformaciones que puedan sufrir los materiales ante las cargas laterales o gravitacionales, las cuales son determinadas por medio de observaciones .

- Piezómetros: Se instalarán 2 piezómetros hidráulicos en diferentes lugares del depósito de relaves para realizar el monitoreo geotécnico con la finalidad de determinar la variación del nivel freático y la calidad de aguas subterráneas.

Ver Plano P-04 en Anexos N° 02 .

2.3.2.7. Software Slide / Rocscience.

Almache S (20 14) define que, el Slide/Rocscience es un software utilizado para el análisis de estabilidad de taludes, pudiendo evaluar en taludes de suelo y roca fallas circulares y no circulares. La geometría del talud es graficable por medio de coordenadas o se puede importar archivos CAD digitalizando la misma .

Este programa tiene la versatilidad de analizar la estabilidad utilizando métodos de equilibrio límite con rodajas verticales, revisando superficies individuales o buscando y examinando la superficie crítica para un talud dado .

“Este software tiene las siguientes características :

- Aplica métodos de búsqueda de la superficie crítica para superficies de deslizamiento circular o no circular .
- Aplica métodos de equilibrio como: Spencer, GLE/Morgenstem-Price, Janbu, Bishop, etc .
- El análisis lo realiza con múltiples materiales, anisotrópicos, materiales no lineales, Mohr -Coulomb y otros .
- Considera parámetros como: el agua subterránea, el factor de presión, red de presiones de poros y la infiltración en zona de estudio .
- Se puede modelar con cargas externas lineales, sísmicas o distribuidas .
- Analiza las fuerzas de apoyo requeridas para casos específicos .
- Vistas de todas y cada una de las superficies generadas .
- Considera el ingreso de planos de falla conocidos .

Con este software se realizó la modelación del talud de la presa Cuchoquesera aplicando el método de Bishop Simplificado, Janbu Simplificado y Spencer .

El análisis respectivo se realizó de la siguiente forma :

- Análisis de la situación actual del talud y/o condiciones originales en función de la información recopilada, plano de falla individual identificado y plano de falla crítico determinado por el programa .
- Análisis de la situación del talud en condiciones originales con variante pseudo-estática utilizando coeficiente sísmico recopilado para la zona .
- Análisis de la variación del factor de seguridad en base a diferentes profundidades de nivel freático .
- Análisis inverso por sensibilidad, buscando un factor de seguridad igual a la unidad en función de la variación de (**c** y \emptyset) para la condición de nivel freático máximo- medio- mínimo .

2.3.3. Normatividad.

- a) Ce.020 Estabilización de Suelos Y Taludes:** En la presente norma nos explica que los suelos de poca carga o susceptibles a los asentamientos requieren ser estabilizados, y establecer las consideraciones técnicas mínimas para el mejoramiento requerido de la Resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes. La presente norma considera exigencias mínimas, sin ser limitados para los estudios de evaluación y mitigación de deslizamientos de laderas o taludes brindando un enfoque ambiental.
- b) E.050 Suelos y Cimentación:** La presente norma es con fines de cimentación que para la ejecución de estudios de mecánica de suelos con la finalidad de asegurar la estabilidad y permanencia de las obras para promover la utilización de los recursos.
- c) E.030 Diseño Sismo Resistente:** Netamente para determinar las condiciones mínimas para las edificaciones diseñadas contemplan un comportamiento sísmico, es así que deberá tomar medidas de prevención

contra los desastres que puedan producirse como consecuencia del movimiento sísmico.

d) NTP 339.127:1998 SUELOS:

Para determinar el contenido de humedad de un suelo.

e) NTP 339.128:1999 SUELOS:

Netamente para determinar el análisis granulométrico, teniendo en cuenta los parámetros técnicos.

f) NTP 339.129:1999 SUELOS:

Para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos del área del proyecto.

g) NTP 339.134:1999 SUELOS:

Únicamente para la clasificación de suelos mediante el Sistema de suelos (S.U.C.S)

h) NTP 339.131:1999 SUELOS:

Para determinar el peso específico relativo de sólidos del suelo.

i) NTP 339.152:2002 SUELOS:

Para determinar el contenido de sales solubles totales de los suelos del área del proyecto.

j) NTP-339.142:1999 SUELOS:

Método de ensayo para la compactación Proctor estándar de suelos en laboratorio utilizando una energía estándar,

k) UNE 103-801:1994 SUELOS:

Ensayo de cono dinámico tipo Peck.

l) NTP 339.165:2001 SUELOS:

Ensayo de compresión triaxial del tipo CD (consolidado drenado).

m) NTP 339.164:2001 SUELOS:

Ensayo de compresión triaxial del tipo UU (no consolidado no drenado).

2.3.4. Definición de Términos.

Presa de relaves: Es típicamente una presa de terraplén de relleno de tierra utilizada para almacenar subproductos de operaciones mineras después de separar el mineral de la ganga.

Presa de relaves aguas arriba: Consiste en terraplenes trapezoidales que se construyen en la parte superior pero la punta de la cresta de otra, moviendo la cresta más aguas arriba.

Presa de relaves aguas abajo: Consiste en un diseño posterior se refiere a la elevación sucesiva del terraplén que posiciona el relleno y la cresta más aguas abajo.

Presa de línea central: Tiene presas de terraplén secuenciales construidas directamente encima de otra, mientras que el relleno se coloca en el lado aguas abajo para soporte y la suspensión soporta el lado aguas arriba.

Aguas Abajo: Sector posterior a una instalación (dique) respecto de un punto con el observador ubicado en la dirección del flujo.

Relaves: Son los materiales que quedan después del proceso de separación de la fracción valiosa del mineral extraído de la tierra.

Minerales: Son las sustancias formadas por procesos naturales, con integración de elementos esencialmente provenientes de la corteza terrestre.

Minería: Es toda actividad de reconocimiento, exploración y explotación de productos mineros.

Ministerio de Energía y Minas: Órgano del estado encargado de formular y coordinar las políticas, planes y programas de gobierno del sector minero, de tramitar y resolver todas las cuestiones administrativas.

Extensión Lateral: Se denomina extensión o esparcimiento lateral a los movimientos con componentes, principalmente laterales, en taludes de baja pendiente. En los esparcimientos laterales el modo de movimiento dominante es la extensión lateral acomodada por fracturas de corte y tensión. El mecanismo de falla puede incluir elementos no solo de rotación y traslación sino también de flujo. Generalmente, los movimientos son complejos y difíciles de caracterizar. La rata de movimiento es por lo general extremadamente lenta. Los esparcimientos laterales pueden ocurrir en masas de roca sobre suelos plásticos y también se forman en suelos

finos, tales como arcillas y limos sensitivos que pierden gran parte de su resistencia al re moldearse. La falla es generalmente progresiva, o sea, que se inicia en un área local y se extiende. Los esparcimientos laterales son muy comunes en sedimentos glaciales y marinos, pero no los son en zonas de suelos tropicales residuales.

Flujo: En un flujo existen movimientos relativos de las partículas o bloques pequeños dentro de una masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla. Los flujos pueden ser lentos o rápidos, así como secos o húmedos y los puede haber de roca, de residuos o de suelo o tierra. El flujo puede ser laminar a turbulento. Al aumentar la densidad y la viscosidad, el flujo puede transportar grandes bloques hacia la parte superior. Los flujos muy lentos o extremadamente lentos pueden asimilarse en ocasiones, a los fenómenos de reptación y la diferencia consiste en que en los flujos existe una superficie fácilmente identificable de separación entre el material que se mueve y el subyacente, mientras en la reptación la velocidad del movimiento disminuye al profundizarse en el perfil, sin que exista una superficie definida de rotura. Los flujos se clasifican de acuerdo con las características del material deslizado en: flujos de bloques de roca, flujos de residuos (detritos), flujo de suelo o tierra y flujos de lodo.

Nivel de agua: De acuerdo a las características de la presa de relaves, el nivel de agua se encontraría controlado por el dren chimenea que está dispuesto en el eje del depósito de relaves.

Impermeabilización: Bloquea o desvía los fluidos.

Permeabilidad: facilidad con que el agua puede fluir a través de los poros discontinuidades de un suelo o macizo rocoso.

Aceleración sísmica: El valor del coeficiente sísmico horizontal para el análisis de estabilidad pseudo-estático para operación de la presa de relaves proyectado, se estimó como 0.175 g, valor que es aproximadamente $\frac{1}{2}$ de la máxima aceleración esperada en el terreno para un periodo de retorno de 475 años .

Coefficiente Sísmico: Factor que permite ajustar el cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal en la base del edificio, a la relación entre el período de vibración de la estructura y el del terreno de cimentación .

Análisis estático: Evaluar el efecto del peso propio (carga estática) de la presa de relaves y de la acción del agua en su estabilidad. Por lo general se evalúa la configuración final de la presa, con los escenarios de la acción del agua en el depósito.

Angulo de fricción: Angulo de la inclinación en la que se desarrolla el proceso constructivo, el cual tienen una parte preponderante sobre la posibilidad de caída o flujo luego de que la construcción ha sido realizada. A mayor ángulo de fricción, mayor el riesgo de caída y menor el factor de seguridad de la obra.

Cohesión del suelo: Propiedad del suelo que incrementa la adherencia del suelo haciéndola difícil de ser separada. A medida que se tiene mayor cohesión en el suelo, el factor de seguridad es alto también.

Densidad del suelo: Propiedad del suelo que tiene en consideración la masa del suelo con respecto de su volumen, lo cual conlleva también a su nivel de porosidad, esto implica que a medida que el suelo es más denso, se torna más compacto y, por ende, con mayor factor de seguridad.

Peso específico: Fuerza que ejerce masa, aunque este concepto nombra específicamente el nivel de materia del cuerpo (más allá de la fuerza gravitatoria)

Factor de seguridad: Tal como su nombre lo menciona, este indicador busca dar un valor a la seguridad de un bloque de terreno ubicado en una inclinación determinada cerca o en la construcción de alguna obra. Ello permite saber cuál es la capacidad del suelo para poder desprenderse sobre la construcción, bien dañándola o perjudicando a los usuarios de la construcción.

Periodo de Retorno de 500 años: Corresponde al periodo de tiempo en el cual se espera que ocurra un evento al menos una vez en 500 años.

Vaso del depósito: Área de almacenamiento.

Estabilidad del depósito de relaves: Se denomina a estabilidad del depósito al nivel de factor de seguridad asociado a las características de la construcción, en este caso al depósito de relaves, de forma tal que se cumpla con los estándares requeridos.

2.4.HIPÓTESIS.

2.4.1. Hipótesis General.

El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

- a) El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.
- b) El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.
- c) El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

2.5.VARIABLES.

2.5.1. Definición Conceptual de la Variable.

Análisis de estabilidad del dique:

Se denomina al análisis de estabilidad del dique para encontrar el factor de seguridad en las tres ubicaciones críticas del dique, que están asociados con las capas de relave que se acumula en el depósito, que están asociados también al balance de agua producido por la planta concentradora por el periodo de (sep. 2018 al oct. 2019) como también a los fenómenos climatológicos que ocurre en el lugar de estudio, buscando la relación de la capacidad de volumen de almacenamiento en el depósito de relave por el tiempo de operación de la planta, de esta forma cumplimos para calcular los factores de seguridad por medio de los métodos de equilibrio límite para determinar la estabilidad del dique según su capas de relave de esta forma cumplir con los estándares requeridos de estabilidad con relación a su vida útil y del tiempo de operación de la planta concentradora.

2.5.1.1. Variable independiente (X).

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE.

2.5.2. Definición Operacional de la Variable.

Análisis de estabilidad del dique:

Para el análisis de estabilidad del dique se tiene desde la cota 4810.00 m.s.n.m. hasta 4819.00 m.s.n.m. Se tomó en cuenta los siguientes aspectos.

Seguridad mínima (F_{\min}), que expresa la magnitud de la reducción que deben experimentar los parámetros de resistencia a corte del suelo, según el criterio de Coulomb (C' y ϕ), para alcanzar un estado de Equilibrio Límite.

$$F_{\min} \geq F_{\text{normal}}$$

Se utilizó el método de equilibrio límite: que se basa en evaluar la resistencia al deslizamiento del dique, tomando en cuenta ciertas hipótesis en relación al mecanismo de falla, condiciones de equilibrio, volumen de almacenamiento, resistencia cortante, etc.

Sección geométrica más crítica, es decir donde el ángulo del talud sea mayor, parámetros geológicos-geotécnicos, carga por acción del sismo, entre otros.

Para el volumen de almacenamiento está asociado con las capas de relave del depósito se realizó el control de la producción de mineral junto con el transporte de concentrado, esto es con la finalidad de obtener la cantidad que procesara la planta en TMSD durante su operación y teniendo el volumen de relave en $m^3/\text{días}$ que entra al vaso, en el procesamiento de datos obteniendo por el SENAMI se tiene el retorno de 500 años de la intensidad de lluvias y como la evaporación durante los cambios meteorológicos que sucede en el lugar de proyecto, con todos estos datos se realiza el balance de aguas por capas según la estimación de vida útil del depósito de relave, así podremos tener los volúmenes de almacenamiento de relave.

La representación de los parámetros del material de la cimentación para la conformación del dique, los mejoramiento y relave.

2.5.3. Operacionalización de la Variable

En la tabla siguiente se menciona los indicadores y las unidades de medidas.

Tabla N° 9: Indicadores de Variables.

Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Und. De Medida	Instrumento
El análisis de estabilidad del dique genera resultados para el depósito de relave de la Minera "SANSIL"- Primera Etapa, Año 2018.	Variable Independiente (X) Análisis de estabilidad del dique.	Método de Equilibrio Limite	Modelo de Bishop, GLE/Morgenstem, Jabu y Spencer.	-	Método de dovelas.
		Estabilidad del Dique	Condiciones Estático.	F.S. = 1.626	Obtenido mediante el software SLEDE V. 6.0
			Condiciones Pseudo estático.	F.S. = 1.202	
		Características de los Materiales	Cohesión de los Suelos.	$C' =$ Cohesión.	Laboratorio In situ.
			Densidad de los Suelos.	$\gamma =$ Densidad.	
		Volumen de Almacenamiento	Angulo de Fricción.	$\emptyset =$ Angulo de Fricción.	Procesado por el software Microsoft Office – Excel V.18.0
Acumulación de capas de relave.	$m^3 =$ Metros Cúbicos.				
Balance de Agua	Descargas y Volúmenes pico.	$m^3 =$ Metros Cúbicos.	Procesado por el software Microsoft Office – Excel V.18.0		

Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III: MÉTODOLOGÍA

3.1.MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

El método general utilizado será el método científico, ya mediante una serie de procedimientos ordenados se logra la meta final o producto específico (Bunge, 1961). El método específico será la medición estadística, esto dado que los datos con los que se trabajaran son netamente numéricos, que luego serán interpretados y de los cuales se recogerán las conclusiones del documento (Neuman, 2003).

3.2.TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El tipo de investigación es aplicada, esto dado que la investigación se basa en métodos de cálculo previamente desarrollados y validados, y no se busca validar un nuevo método de cálculo, tal como si sucedería en una investigación de tipo básica (Perumal, 2014). Este tipo de investigación busca realizar contraste de la teoría con la evidencia en la realidad, por lo que hace uso de todos los criterios de esta para su prueba.

3.3.NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

La investigación es descriptivo y explicativo, ya que pretende describir ideas apreciaciones y datos desde nuevas perspectivas que amplíe un mejor desempeño y que aumenten la rentabilidad de la empresa. La razón por la que es descriptivo tiene como meta examinar y ubicar los valores en que se manifiestan las variables, categorizarlas y proporcionar una visión integral.

3.4.DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

El diseño para la siguiente investigación es experimental (cuasi-experimental) porque deliberadamente se manipula la variable dependiente donde identifican un grupo de comparación lo más parecido posible al grupo de tratamiento en cuanto a las características de referencia (previas a la intervención).

3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.5.1. Población.

Como población de estudio lo considero al depósito de relave que después de realizar los estudios de:

- Producción de mineral.
- Estudios hidrológicos.
- Balance de agua.
- Características de los materiales.
- Condiciones de estabilidad.

3.5.2. Muestra.

El tipo de muestra para la presente investigación probabilístico dirigido y que para este estudio se establece que el dique del depósito de relave de la minería “SANSIL”, primera etapa año 2018, es representativo de la población considerada.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los ensayos de Laboratorio: caracterizaciones físicas y mecánicas en muestras de suelo fueron realizados siguiendo los procedimientos recomendados según las versiones actualizadas de la American Society for Testing and Materials (ASTM). Los ensayos que se realizaron son los siguientes:

- a) Contenido de Humedad ASTM-D-2216.
- b) Análisis Granulométrico por tamizado ASTM-D-422.
- c) Límites de Consistencia ASTM-D-4318.
- d) Ensayo de Clasificación de Suelo ASTM-D-2487.
- e) Peso Específico Relativo de Sólidos ASTM-D-854.
- f) Ensayo de Compactación Proctor Estándar ASTM-D-698.
- g) Ensayo con cono Dinámico Peck ASTM-D-1586.
- h) Ensayo Compresión Triaxial (CD) ASTM-D-7181.
- i) Ensayo Compresión Triaxial (UU) ASTM-D-2850.

También se destaca la recolección de datos a través del balance de agua que son:

- a) Flujo de agua asociada al relave.
- b) Flujo de agua de alcantarillados.
- c) Flujo de aguas de descartes sanitario.
- d) Aportes hidrológicos (lluvias y deshielos).
- e) Humedades contenidas en las arenas.
- f) Agua intersticial contenida en la cubeta del embalse y lagos de cubeta.
- g) Infiltraciones.
- h) Evaporación.
- i) Recirculación al concentrado.
- j) Vaciado a cauce natural.
- k) Agua para forestación.
- l) Retorno de aguas claras tanque de almacén.

3.7.PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

Sección geométrica más crítica, es decir donde el ángulo del dique sea mayor, parámetros geológicos-geotécnicos, carga por acción del sismo, condiciones de niveles de crecimiento, balance de agua, entre otros.

En la obtención de las propiedades índice de los materiales, se usaron los ensayos de análisis granulométrico y límites de Atterberg para la clasificación del suelo, el ensayo de contenido de humedad en la obtención del porcentaje de humedad y el ensayo de Proctor estándar para la determinar la densidad seca máxima y humedad óptima, cabe aclarar que dicha condición es alcanzar en obra, ya que supone la máxima concentración posible de sólidos y unas condiciones muy estables para el material compactado .

Para la caracterización de los parámetros geotécnicos de resistencia y deformación de los materiales como vienen a ser la cohesión, densidad y el ángulo de fricción aplicados en los distintos materiales. Una vez obtenidos estos datos se procedió a realizar la caracterización geotécnica de los distintos materiales que intervienen en la construcción del depósito de relaves y sobre los que se ubica el dique .

Para realizar el análisis de estabilidad de dique ha sido utilizado el programa de cómputo SLIDE versión 6.0 de la firma Rocscience Inc., el cual es un programa que calcula por varias metodologías de equilibrio límite los Factores de Seguridad menores de un número de potenciales superficies de deslizamiento .

Para el presente análisis, los factores de seguridad fueron calculados utilizando el método de Janbu simplificado (1955), el cual satisface tanto el equilibrio de fuerzas como el equilibrio de momentos .

Para la elaboración del diseño y dibujo de los contornos de los distintos materiales del depósito de relaves se ha utilizado el software de diseño AutoCAD de la firma Autodesk, en la versión del año 2019. AutoCAD es un software del tipo CAD (Diseño asistido por Computadora), por sus siglas en inglés utilizado para la elaboración de dibujo en ingeniería .

3.8.TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS.

La técnica a utilizarse es la de análisis la estabilidad del dique según el crecimiento de relave, el cual se produce de información previa, para luego proceder a realizar la información simulada a partir de variaciones porcentuales establecidas y mediante lo propio determinar los cambios del factor de seguridad que está asociado a la estabilidad, por ende, se detalla un intervalo de confianza a partir de una probabilidad del estadístico de igual o menos del 5%.

CAPITULO IV: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE DEL DEPOSITO DE RELAVE DE LA MINERAL “SANSIL”.

4.1.CRITERIOS DE DISEÑO.

4.1.1. Criterio de diseño a tomar en cuenta.

4.1.1.1.Topografías.

Ver Plano P-03 del Anexo N° 03.

El área donde se emplazará el depósito de relaves “SANSIL”, ha sido levantada topográficamente con una estación total “Leica”, a una escala de 1/2000 y con coordenadas de referencia UTM - PSA 56. El trabajo topográfico abarca una extensión de 80.0 hectáreas con curvas de nivel cada 1.00 metros. Adicionalmente, se han monumentado en el terreno 04 hitos de referencia para los trabajos de ingenierías posteriores.

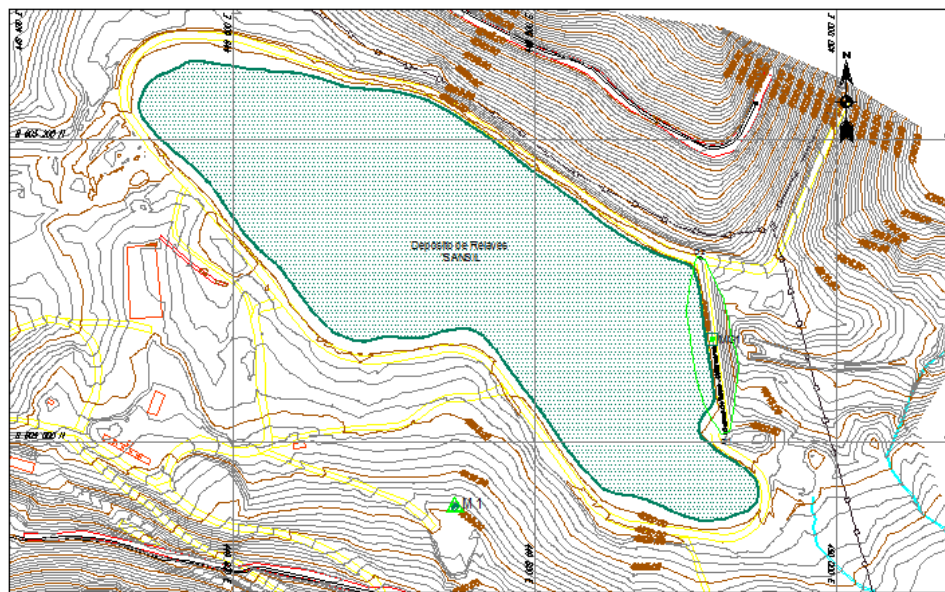


Figura N° 32: Ubicación del Proyecto con Curvas de Nivel.

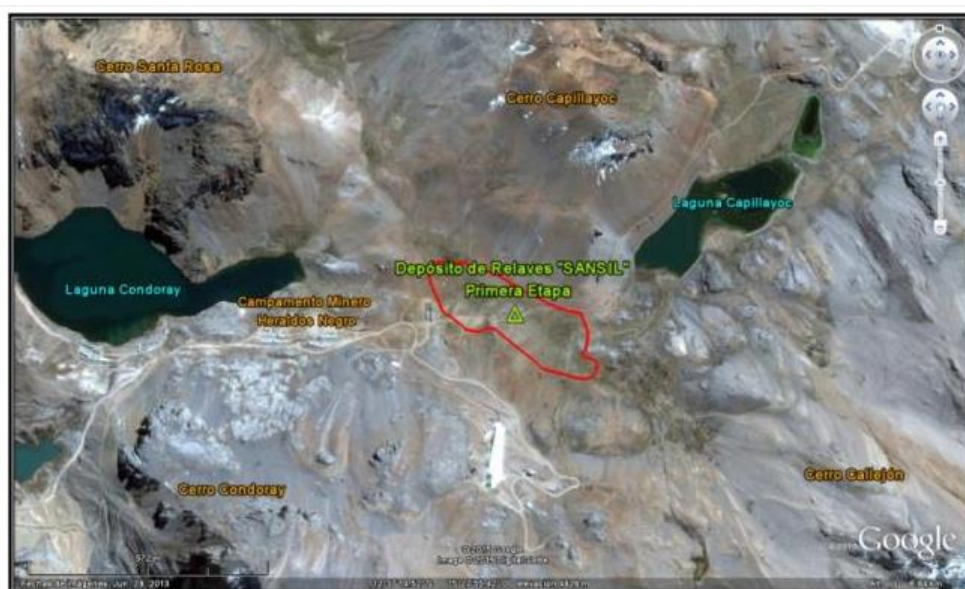
Fuente: Elaboración Propia.

4.1.1.2.Geología Local.

Ver Plano P-01 del Anexo N° 03.

El área donde se emplazará el depósito de relaves “SANSIL” está comprendida entre las microcuencas de las lagunas Capillayoc y Condoray, la escorrentía natural drena hacia ambas las lagunas. El perfil de la microcuenca

muestra una secuencia empinada asociada a los afloramientos rocosos y pendiente menor asociada a depósitos morrénicos y depósitos coluviales, donde se emplazará el depósito de relaves, tal como se puede apreciar en la vista satelital.



*Figura N° 33: Vista Satelital Mostrando el Área donde se Construirá el Depósito de Relaves “SANSIL” – Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 10.00 metros).
Fuente: Google Earth Pro.*

Ubicado en la Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto-Acobambilla, Provincia de Huancavelica, los afloramientos rocosos que circundan la microcuenca corresponden a rocas de la Formación Jumasha, constituida por intercalaciones de calizas de color gris a calizas dolomíticas de color gris amarillento a blanco. Su edad corresponde al Cretáceo Superior. Asimismo, en el área del proyecto el material glaciario cuaternario conocido también como depósitos morrénicos, están distribuidos en toda el área y están constituidos por fragmentos heterométricos (bloques, gravas, guijarros y arena) con matriz limo arcillosa y no poseen estratificación.

El área donde se emplazará el depósito de relaves “SANSIL” está constituida por depósitos coluviales del cuaternario, que clasifican como arena arcillo limosa con grava (SM-SC), arena limosa con grava (SM) y grava limosa con arena (GM). En las laderas adyacentes al área de emplazamiento del depósito

de relaves “SANSIL”, se observan materiales morrénicos del cuaternario y afloramientos del macizo rocoso constituidos por roca caliza fracturada, correspondientes a la Formación Jumasha.

4.1.1.3. Geología Regional.

Ver Plano P-02 del Anexo N° 03.

El área de estudio se encuentra en la zona de fallamiento denominada "Falla Chonta", en el área de San Genaro. Este rasgo es el más importante y continuo. Tomando como referencia al proyecto, la zona coincide con la traza de la veta falla Esperanza .

De la correlación de imágenes satelitales, planos geológicos y regionales y de distribución de los principales yacimientos o centros mineros en producción, se ha podido determinar que, en las altas cumbres de la Cordillera Occidental, de los Andes centrales del Perú, existe un gran número de yacimientos polimetálicos ubicados dentro de una zona de fallamiento longitudinal. Esta zona de falla, es el rasgo estructural regional lineal más importante y continuo que controla no solamente la ubicación de diversos yacimientos o distritos mineros sino también la localización de stocks intrusivos y centros volcánicos Neógenos.

Tomando como referencia al proyecto “SANSIL”, la zona de fallamiento incluye hacia el Noreste a los yacimientos polimetálicos de San Valentín (antes Satanás), Yauricocha, San Cristóbal y Morococha y hacia el Sureste a los distritos mineros de Castrovirreyna, Huachocolpa, Julcani, San Genaro, entre otros.

La zona de falla regional mencionada líneas arriba fue mapeada con el nombre de “Falla Chonta”, en el área de San Genaro, habiéndose podido identificar con imágenes satelitales hasta su extremo Noreste. La zona de “Falla Chonta” en SANSIL, coincide con la traza de la veta falla Esperanza.

4.1.1.4. Geomorfología.

Morfológicamente, el área de estudio se encuentra ubicada en la divisoria de aguas continental, habiendo sido afectado por una intensa erosión glaciaria. Se ha diferenciado las siguientes unidades morfológicas: altiplanicie, laderas

empinadas a moderadamente empinada, laderas moderadas a fuertemente inclinadas y depresiones, fondo de valle glaciar, circo glaciar y cadena de cerros altos .

El área donde se desarrolla el proyecto se encuentra comprendida entre las microcuencas de las lagunas Condoray y Capillayoc, se distinguen principalmente las unidades geomorfológicas siguientes:

a) Altiplanicie.

Es un elemento morfológico que afecta los relieves de la Cordillera Oriental, mediante la presencia de aplanamientos que cortan en un nivel altitudinal que va de 4,000 a 5,000 m.s.n.m. Las altiplanicies son resultado del desarrollo de superficies de erosión formadas principalmente durante el Terciario miocénico, en una etapa en que la Cordillera Oriental era ya un relieve definitivamente continental, que fue atacado por severos procesos erosivos de entonces. Se considera que estas superficies de erosión, que en conjunto reciben el nombre de superficie “Puna” allanaron los relieves andinos del Paleozoico hasta niveles altitudinales bastante bajos, pero luego, el levantamiento andino ocurrido desde el Plioceno hasta los tiempos recientes del Pleistoceno, elevó esas superficies hasta sus altitudes aproximadamente actuales. El área de influencia se asienta mayormente sobre una altiplanicie flanqueada por laderas cuya pendiente es empinada (25 % - 50 %) .

b) Laderas Empinadas.

Morfología que se aprecia mayormente en la zona Norte y Sur del proyecto. Está constituido por laderas y alineamientos de cerros, que vienen a ser en general la prolongación inferior de la altiplanicie y de las cadenas de cerros altos, en el entorno del área de estudio. Se caracteriza por la predominancia de depósitos coluviales y fluvio-glaciales, suelo residual y promontorios rocosos aislados .

c) Ladera Moderada a Fuertemente Inclinada y Depresiones.

Áreas caracterizadas por una topografía sub-horizontal y ligeras depresiones, conformadas mayormente por depósitos morrénicos, bofedales y

lagunas. Estas geoformas se distribuyen en las zonas proyectadas para los trabajos de explotación y depósito de desmontes .

d) Altas Cumbres

Está conformado por un alineamiento de cerros con altitudes de hasta 5,000 m.s.n.m., que se extiende con rumbo N-S en el sector superior del área de estudio. Destaca el cerro Santa Rosa y Chontani, ubicados al Norte y Noroeste respectivamente del área de actividades. Esta unidad se caracteriza por su relieve agreste, donde se aprecia la predominancia de afloramientos rocosos .

4.1.1.5.Estratigrafía.

Según información base del **INGEMMET**, tanto en el área de estudio como en su entorno, se evidencia diversidad de formaciones rocosas, cuyas edades abarcan el Mesozoico y Cenozoico, tal como se describe a continuación :

a) Formaciones Chúlec – Pariatambo (Ki-chp).

Aflora en las partes bajas de los cerros y en las altiplanicies. Son reconocidas como "calizas Machay" y están compuestas por dos miembros: uno inferior (Chúlec), constituida por arcillas calcáreas gris claras, calizas de color gris pardo amarillento con intercalaciones de margas calcáreas y lutitas arenosas; y otro superior (Pariatambo), igualmente de calizas bituminosas, así como bancos de arcilla y yeso; a los que posteriormente se les consideró como formaciones .

En la zona mineralizada, se presenta como un paquete de estratificación delgada negra sobre el flanco Noreste de la quebrada Heraldos Negros, así como en la galería del Nv. 940. Esta formación bituminosa con nódulos de chert presenta una potencia de hasta 120 metros, compuesta de estratos delgados de calizas con algunos horizontes de lutitas y limonitas calcáreas. Esta formación no continúa en el flanco opuesto del anticlinal debido a su desplazamiento normal por la veta falla Esperanza.

b) Formación Jumasha (ks-j).

La Formación Jumasha descansa en concordancia sobre la Formación Pariatambo, en un anticlinal de lineamiento andino cuyo eje se inclina levemente

hacia el NW. Aflora de manera circundante en toda el área del Proyecto, tiene una potencia aproximada de 400 metros y sobreyace concordante a las calizas y lutitas de la Formación Pariatambo. Esta potencia está constituida por intercalaciones de calizas de color gris a calizas dolomíticas de color gris amarillento a blanco. Presentan a veces concreciones de chert e intercalaciones de margas. Su edad corresponde al Cretáceo Superior.

c) Grupo Goyllarisquizga (Ki-g).

Este Grupo aparece al Noreste del proyecto y está constituido básicamente de areniscas cuarzosas blanquecinas a amarillentas, alternadas en menor proporción con lutitas gris verdosas, calizas, mantos carbonosos y ocasionalmente "sills" de diabasa y derrames volcánicos. Por lo general, corresponde a las rocas clásticas que yacen sobre las "calizas Pucará" y debajo de las formaciones calcáreas del Albiano. De acuerdo a la evidencia paleontológica encontrada, se considera que este Grupo aconteció en el Cretáceo Inferior .

d) Formación Chunumayo (Jm-ch).

Esta formación aflora, entre Huancavelica, Abancay y el SO de Ayacucho, como una faja con rumbo Noroeste a Sureste conteniendo Sthephanoceras y Sonninia del Bajociano. Esta unidad se encuentra fuera del área de estudio al Noreste del proyecto, posterior al Grupo Goyllarisquizga.

e) Formación Sacsaquero (Tim-s).

Esta es una secuencia volcánica-sedimentaria, de tonalidades violáceas a verdosas, principalmente constituida por zonas andesíticas, tobas, areniscas y rocas limosasargiláceas. Las capas tienen orientaciones variadas y por razones.

Prácticamente se les puede considerar horizontales. En superficie se presenta con relieve muy accidentado y agreste, fracturada, moderadamente alterada y con escasa cobertura de suelo residual. Por su edad corresponden al Terciario Inferior-Medio. Esta aparece a elevaciones menores, principalmente en la zona Oeste del proyecto.

f) Formación Caudalosa (Ts-ca).

Esta es una secuencia volcánica, principalmente constituida por piroclastos, flujos andesíticos, riolacitas y areniscas tufáceas. Se puede apreciar en zonas de terrenos suaves. Este tipo de formación se encuentra al Oeste del proyecto.

g) Depósitos Glaciares (Qr-g).

Se les conoce también como depósitos morrénicos. Son acumulaciones de fragmentos rocosos heterométricos (gravas angulosas, bloques, guijarros y arena) de forma sub redondeado, dispuestas sin estratificación en una abundante matriz de limo y arcilla. Los depósitos morrénicos están asociados a los antiguos centros de glaciación y se propagan especialmente sobre los 4,000 m.s.n.m., se presentan en forma de colinas bajas y llanuras. Estos suelos generalmente se muestran compactos y densos.

h) Depósitos Fluvioglaciares (Qr-fg).

Son geoformas depresionadas con pendientes suaves en dirección de las corrientes de agua, originadas por la erosión glacial durante el descenso de los glaciares, en algunos casos están cubiertas de bofedales y se encuentran sobre los 4,000 m.s.n.m. en las nacientes de las cuencas o en la cabecera de los valles aluviales. Se encuentra al Noreste del área del proyecto.

i) Rocas Intrusivas (t-mdi).

Esta unidad litológica tiene la particularidad de cortar los horizontes sedimentarios calcáreos de las formaciones cretáceas, y son las portadoras de los fluidos mineralizantes, emplazándose en el Terciario. En el área del proyecto se presentan las siguientes:

- Hipabisales Andesíticos.

Al Este del área de estudio afloran a manera de pontones y también en forma de sills y de cortas extensiones, rocas de naturaleza andesítica, las que están ligadas a la mineralización de las vetas de esa zona, estas rocas presentan ligera alteración propi lítica.

- Stock Intrusivo.

Hacia el lado Norte del yacimiento y al pie de la laguna Condoray, se presenta un cuerpo intrusivo de naturaleza monzodiorita de dimensiones 1 km x 2 km, la cual ha intruído a las rocas calcáreas de la Formación Jumasha, y que muy probablemente tenga relación con los fluidos mineralizantes del yacimiento Heraldos Negros.

4.1.1.6. Geología Estructural.

En el área del proyecto se manifiestan los siguientes elementos estructurales: el anticlinal Condoray, disectado por quebradas y morfologías glaciares y el allamiento SE–NW, todo esto originado por el tectonismo que se dió en la cordillera de los Andes .

a) Anticlinal Condoray.

La estructura principal que se presenta en el yacimiento es el anticlinal Condoray, de dirección N55°W, paralelo a la dirección de la Cordillera Andina; presenta flancos con inclinaciones de 20° aproximadamente, está conformado por rocas sedimentarias cretáceas e intruídas por cuerpos ígneos del Terciario. Constituye un cerro prominente disectado por quebradas y morfologías glaciares.

b) Fallamiento SE – NW.

La charnela del anticlinal Condoray se encuentra cortado, observándose el emplazamiento de dos fallas paralelas que presentan la misma dirección del anticlinal y se inclinan 72° SW. Estas dos fallas se encuentran a una distancia de 70 metros aproximadamente; además se observa un intenso fracturamiento, en este espacio, de tipo cizalla con contenido de mineral en forma de vetilleo.

4.1.1.7. Sismicidad.

Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto en la Norma Técnica de Edificación E.030 para Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones (2018), el área en estudio se encuentra comprendida en la **Zona 3**, con sismicidad alta, habiendo ocurrido en dicha zona sismos de intensidades de hasta **VI** en la Escala de Mercalli Modificada, según el mapa de distribución de

máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú (Alva et al, 1984). Tal y como se muestra en la **Figura N° 34**.

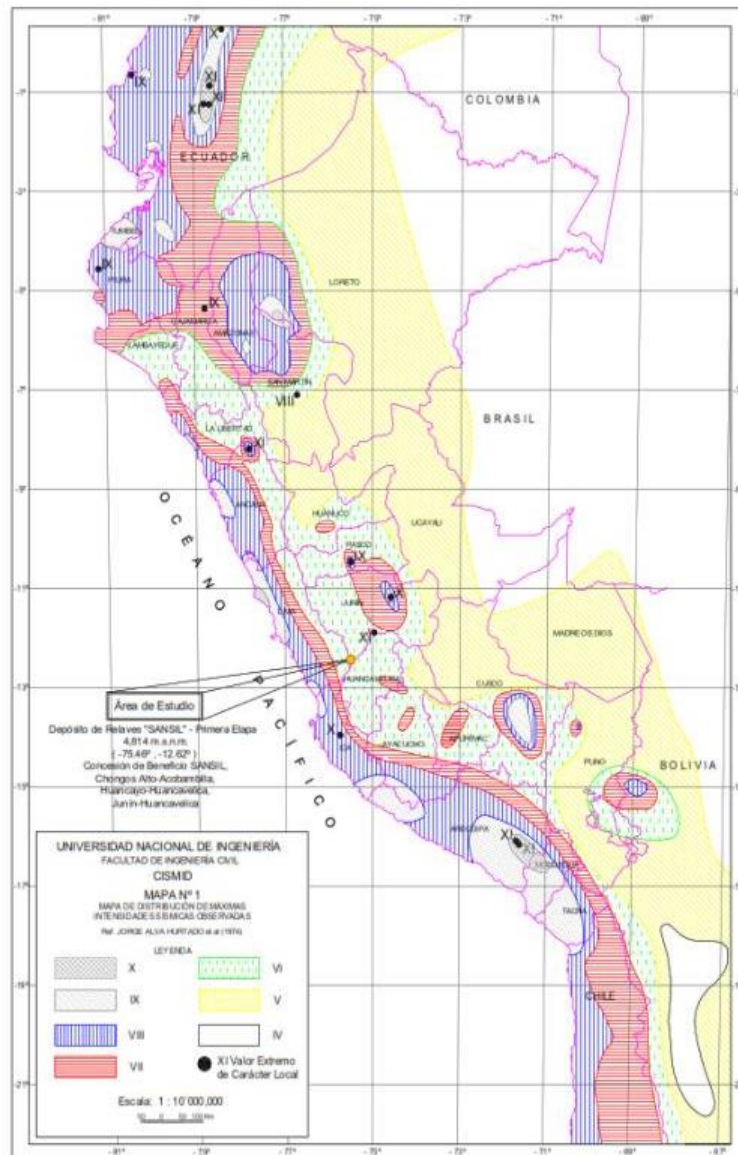


Figura N° 34: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (Alva et al, 1984). Fuente: CISMID.

Por otro lado, según los mapas de isocontornos de aceleración máxima propuesto por Castillo y Alva (1993), correspondiente a un período de retorno de **475 años** (10% de probabilidad de excedencia en 50 años de exposición sísmica), para el área en estudio los autores proponen una aceleración máxima de **0.31g**. En consecuencia, para el área de localización del depósito de relaves “SANSIL” se considerará una aceleración máxima esperada de **0.31g**. Se adopta

para los análisis pseudo-estáticos un coeficiente sísmico, $k = 0.50 \cdot a_{m\acute{a}x}/g = 0.15$, de acuerdo con el criterio de Hynes y Franklin (1984). El mapa de isocontornos de aceleración máxima, para el período de retorno anteriormente mencionado, Tal y como se muestra en la **Figura N° 35**.

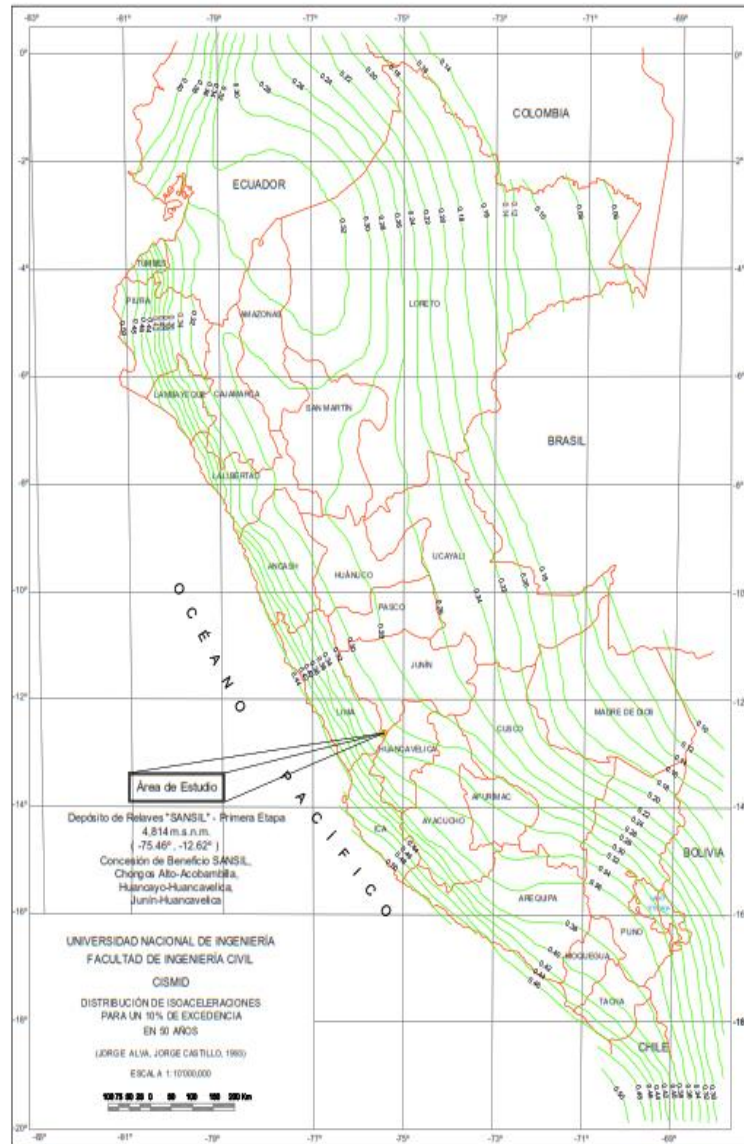


Figura N° 35: Isocontornos de Aceleración Máxima para un Período de Retorno de 475 años (Castillo y Alva, 1993). Fuente: CISMID.

De acuerdo a la zonificación última actualización de la norma E030. Diseño sísmo resistente, el área del proyecto se encuentra en la **Zona 3**, el mapa del Perú se divide en cuatro zonas sísmicas, tal y como se muestra en la **Figura N°36**.



Figura N° 36: Mapa de Zonificación Sísmica.
Fuente: Norma (E030) Diseño sismo resistente.

En la siguiente tabla se indica el factor asignado a cada zona o (PGA, peak ground acceleration) aceleración pico del suelo para un período de retorno T=500 años.

Tabla N° 10:

Factor de Zona Perú (E030).

Zona	4	3	2	1
PGA	0.45	0.35	0.25	0.1

Fuente: Norma (E030) Diseño sismo resistente.

Según los mapas de diseño sismo resistente la Norma E.030, correspondiente a un período de retorno de **500 años** para el área en estudio los autores proponen una aceleración máxima de **0.35g**. En consecuencia, para el área de localización del depósito de relaves “SANSIL” se considerará una aceleración máxima esperada de **0.35g**. Se adopta para los análisis pseudo-estáticos un coeficiente sísmico, $k = 0.50 \cdot a_{m\acute{a}x}/g = \underline{0.175}$, de acuerdo con el criterio de Hynes y Franklin (1984).

4.1.1.8. Aspectos Hidrológicos.

Fuente de información: La fuente de información utilizada por la caracterización hidrológica de la zona de estudio pertenece al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Estaciones meteorológicas: Para obtener la información meteorológica se utilizó la estación Yantac y Huancalpi, estas estaciones han sido considerada por su cercanía al Proyecto, sobre todo desde el punto de vista pluviométrico, cuyo detalle de coordenadas se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla N° 11:

Estación Meteorológica.

Estación	Longitud Oeste	Latitud Sur	Altitud (msnm)
Yantac	76°24'16.31" W	11°20'44.97" S	4,600.00
Huancalpi	75°10'00.0" W	12°30'00.0" S	4,617.00

Fuente: Senamhi.

Temperatura: En la siguiente tabla se presenta la temperatura promedio mensual, proveniente de las estaciones:

- **Yantac:**

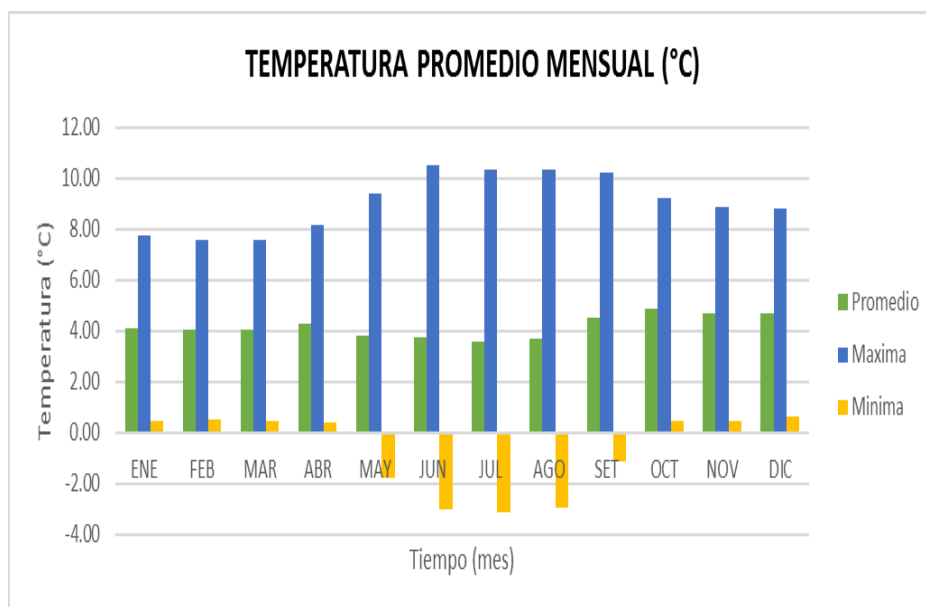


Figura N° 37: Temperatura Promedio Mensual (°C).
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 12:

Temperatura Promedio Mensual Para la Estación Yantac.

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media / Promedio	4.13	4.06	4.03	4.27	3.80	3.74	3.60	3.70	4.55	4.85	4.68	4.72
Máximo	7.77	7.60	7.56	8.14	9.39	10.50	10.33	10.33	10.23	9.21	8.88	8.82
Mínimo	0.49	0.51	0.49	0.41	-1.79	-3.02	-3.12	-2.93	-1.14	0.49	0.47	0.63
Desv. Est. G.	0.42	0.37	0.37	0.42	1.08	0.51	0.71	0.54	0.89	0.71	0.58	0.82

Fuente: Senamhi.

- **Huancalpi:**

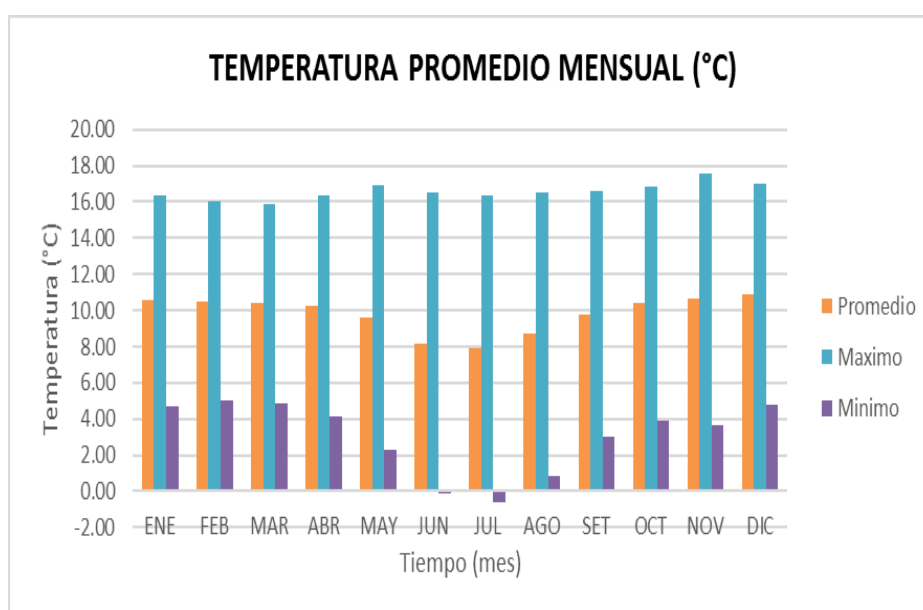


Figura N° 38: Temperatura Promedio Mensual (°C).

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 13:

Temperatura Promedio Mensual para la Estación Huancalpi.

DESCRIPCION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Media / Promedio	10.54	10.50	10.39	10.23	9.62	8.19	7.89	8.68	9.79	10.37	10.62	10.90
Máximo	16.36	16.02	15.89	16.35	16.96	16.52	16.36	16.54	16.60	16.82	17.58	17.01
Mínimo	4.72	4.99	4.90	4.10	2.28	-0.14	-0.59	0.82	2.98	3.92	3.65	4.79
Desv. Est. G.	1.11	1.10	1.08	1.05	0.93	0.67	0.62	0.75	0.96	1.08	1.13	1.19

Fuente: Senamhi.

Precipitación: Se presentan a continuación los registros de precipitación media de las estaciones:

- **Yantac:**

Tabla N° 14: Precipitación Total Mensual Media Periodo 2018 - 2019 para la Estación Yantac.

PRECIPITACION (mm/mes)													
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total, Anual
Media	187.60	176.20	152.80	50.50	31.10	6.30	13.10	0.00	57.45	149.25	108.70	121.20	1054.20
(%)	17.80	16.71	14.49	4.79	2.95	0.60	1.24	0.00	5.45	14.16	10.31	11.50	100.00

Fuente: Senamhi.

- **Huancalpi:**

Tabla N° 15:
Precipitación Total Mensual Media Periodo 2004 - 2014 para la Estación Huancalpi.

PRECIPITACION (mm/mes)													
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Total, Anual
Media	114.76	136.31	114.97	55.26	21.36	11.08	11.82	21.07	50.21	69.25	63.69	120.93	790.71
(%)	14.51	17.24	14.54	6.99	2.70	1.40	1.50	2.67	6.35	8.76	8.05	15.29	100.00

Fuente: Senamhi.

Evaporación: Para la evaporación total mensual se utilizó la **Estación Yantac** la cual cuenta con registros en el periodo 2018 - 2019. Los registros medios de esta estación se presentan a continuación:

➤ Factor de correlación:

Tabla N° 16: Factor de Correlación Según la Latitud de la Zona de Estudio para la Estación Yantac.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
10.00	12.70	12.40	12.20	11.90	11.70	11.60	11.60	11.80	12.10	12.30	12.60	12.70
11.35	12.77	12.47	12.20	11.83	11.63	11.47	11.53	11.73	12.03	12.37	12.67	12.77
12.00	12.80	12.50	12.20	11.80	11.60	11.40	11.50	11.70	12.00	12.40	12.70	12.80

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 17:

Evaporación Total Mensual Media Para el Periodo 2018-2019 para la Estación Yantac.

MESES	EVAPORACION (mm/mes)
Enero	46.83
Febrero	40.81
Marzo	44.02
Abril	42.94
Mayo	40.41
Junio	38.16
Julio	38.72
Agosto	40.06
Septiembre	45.47
Octubre	50.35
Noviembre	48.74
Diciembre	51.10
EVAPORACION anual	527.61

Fuente: Senamhi.

Evaporación: Para la evaporación total mensual se utilizó la **Estación Huancalpi** la cual cuenta con registros en el periodo 2004 - 2014. Los registros medios de esta estación se presentan a continuación:

➤ Factor de correlación:

Tabla N° 18:

Factor de Correlación Según la Latitud de la Zona de Estudio para la Estación Huancalpi.

LATITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
12.00	12.80	12.50	12.20	11.80	11.60	11.40	11.50	11.70	12.00	12.40	12.70	12.80
12.54	12.83	12.50	12.20	11.80	11.57	11.37	11.47	11.70	12.00	12.40	12.73	12.85
14.00	12.90	12.50	12.20	11.80	11.50	11.30	11.40	11.70	12.00	12.40	12.80	13.00

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 19:

Evaporación Total Mensual Media Para el Periodo 2004-2014 para la Estación Huancalpi.

MESES	EVAPORACION (mm/mes)
Enero	57.71
Febrero	50.62
Marzo	54.11
Abril	49.82
Mayo	47.39
Junio	38.17
Julio	38.29
Agosto	43.11
Septiembre	48.43
Octubre	54.88
Noviembre	55.84
Diciembre	59.87
EVAPORACION anual	598.23

Fuente: Senamhi.

Precipitación máxima en 24 Horas:

La precipitación máxima en 24 horas, obtenidos de la **Estación Huancalpi**. Los valores máximos anuales de precipitación máxima en 24 horas de la **Estación Huancalpi** se presentan lo siguiente.

Tabla N° 20:

Precipitación Máxima en 24 h para la Estación Huancalpi.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL, ANUAL
MAX	33.90	41.10	47.80	34.90	12.60	8.70	12.00	21.10	18.50	18.60	27.90	28.50	305.60

Fuente: Senamhi.

Tabla N° 21:

Precipitación Máxima en 24 h para la Estación Huancalpi.

PREC. MÁX. POR AÑO	
AÑOS	Pmáx 24hrs.
2004	34.90
2005	22.50
2006	19.50
2007	28.50
2008	41.10
2009	36.30
2010	36.10
2011	18.60
2012	47.80
2013	33.90
2014	31.50

Fuente: Senamhi.

Intensidad – periodo de retorno de 500 años:

La instanciada del tiempo su duración para un periodo de retorno de 500 años, obtenidos de la **Estación Huancalpi**, se presentan siguiente.

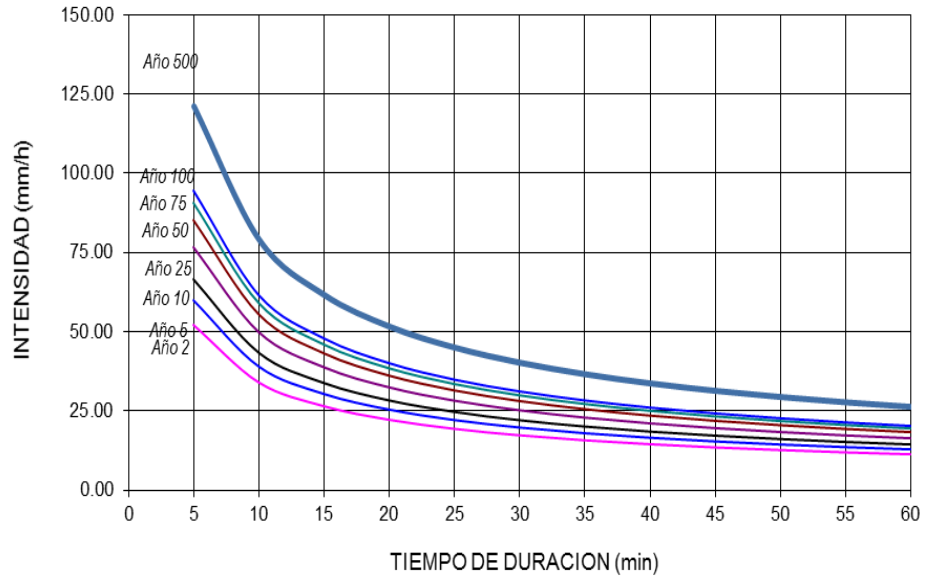
Tabla N° 22:

Intensidad – Tiempo de Duración para la Estación Huancalpi.

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno						
Frecuencia años	Duración en minutos					
	5	10	15	20	25	30
2	52.15	34.02	26.49	22.19	19.34	17.28
5	59.97	39.12	30.47	25.52	22.24	19.88
10	66.66	43.48	33.87	28.36	24.72	22.09
25	76.66	50.01	38.95	32.62	28.43	25.41
50	85.21	55.58	43.29	36.26	31.60	28.24
75	90.65	59.13	46.05	38.57	33.61	30.04
100	94.71	61.78	48.12	40.30	35.12	31.39
500	121.07	78.97	61.51	51.51	44.89	40.12

Tabla de intensidad - Tiempo de duración - Periodo de retorno						
Frecuencia años	Duración en minutos					
	35	40	45	50	55	60
2	15.72	14.47	13.46	12.61	11.89	11.27
5	18.07	16.65	15.48	14.51	13.68	12.96
10	20.09	18.50	17.21	16.12	15.20	14.41
25	23.10	21.28	19.79	18.54	17.49	16.57
50	25.68	23.65	21.99	20.61	19.44	18.42
75	27.32	25.16	23.40	21.93	20.68	19.60
100	28.54	26.29	24.45	22.91	21.60	20.47
500	36.49	33.60	31.25	29.29	27.61	26.17

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura N° 39: Curva IDF para la Estación Huancalpi.
Fuente: Elaboración Propia.*

4.1.1.9. Producción de mineral.

Su tratamiento metalúrgico con una ley de **cabeza de 4.2% Pd (plomo), 5.48% Zn (zinc) y 4.8 Cu (cobre)**, esto nos servirá para realizar e identificar la cantidad de concretando de mineral que produce la minera “SANSIL”. En los Anexos N° 01 se encuentra los cuadros siguientes el de trasporte de mìnela como el concentrado de mineral producido por el periodo septiembre del 2018 a octubre del 2019.

La producción de mineral se realizó por el investigador para obtener por meses la cantidad probable de concentrado de mineral para realizar los cálculos del balance de aguas que contiene el depósito de relave, los datos generados se encuentran en el **Anexo N° 02**, se muestra el resumen en la siguiente **Tabla N°23**.

Tabla N° 23:

Producción de Mineral por Mes para la Mina “SANSIL”

PRODUCCION DE MINERAL POR MES			
AÑO	MESES	PROMEDIO (TMS)	CONCENTRADO (TMS/Mes)
2018	Septiembre	315.650	315.650
2018	Octubre	326.990	1307.960
2018	Noviembre	338.520	1354.080
2018	Diciembre	340.130	2721.040
2019	Enero	346.081	3460.810
2019	Febrero	345.207	3452.070
2019	Marzo	346.161	3461.610
2019	Abril	345.079	3450.790
2019	Mayo	346.798	3467.980
2019	Junio	347.472	3474.720
2019	Julio	347.485	3822.330
2019	Agosto	349.105	3491.050
2019	Septiembre	348.558	3485.580
2019	Octubre	349.074	3490.740

Fuente: Elaboración Propia.

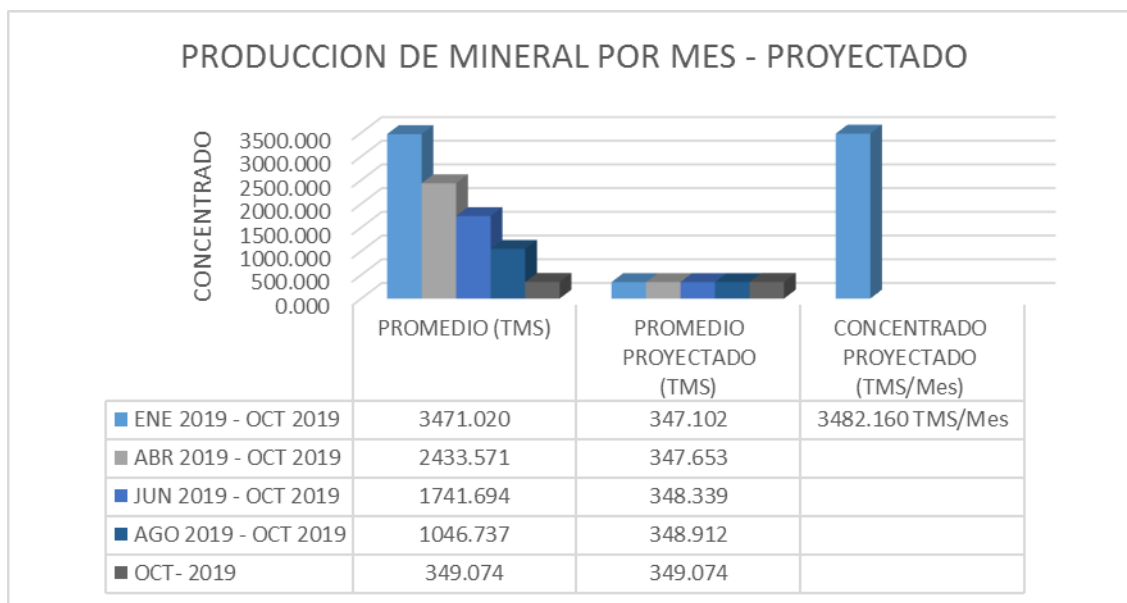
La producción de mineral proyectado se realiza a fin de obtener un tiempo proyectado por mes en operación de la planta procesadora de mineral, en la **Tabla N°24**, se muestra la producción de mineral proyectado por mes.

Tabla N° 24:

Producción de Mineral por Mes – Proyectado para la Mina “SANSIL”

PRODUCCION DE MINERAL POR MES - PROYECTADO			
MESES DE MAYOR INCIDENCIA	PROMEDIO (TMS)	PROMEDIO PROYECTADO (TMS)	CONCENTRADO PROYECTADO (TMS/Mes)
ENE 2019 - OCT 2019	3471.020	347.102	<u>3482.160 TMS/Mes</u>
ABR 2019 - OCT 2019	2433.571	347.653	
JUN 2019 - OCT 2019	1741.694	348.339	
AGO 2019 - OCT 2019	1046.737	348.912	
OCT- 2019	349.074	349.074	
PRODUCCION DE MINERAL - PROMEDIO PROYECTADO		348.216	

Fuente: Elaboración Propia.



*Figura N° 40: Producción de Mineral por Mes – Proyectado para la Mina “SANSIL”
Fuente: Elaboración Propia.*

4.2.FLUJO DE DESCARGA AL EMBALSE (BALANCE DE AGUAS).

Según la teoría presentada en el estudio de investigación y teniendo los criterios de diseño que se realizó hay dos tipos de estimación de volúmenes de aguas de relave contenida en el depósito para la mina “SANSIL”, se presenta un balance de aguas definido por la producción de concretando.

También se tienen en consideración los datos de estudio del expediente técnico que se muestra en la siguiente **Tabla N° 25** y también se tiene en consideración los datos el volumen de relave durante la ejecución el resumen en la siguiente **Tabla N° 26**, ver **Planos PPV-01 y Plano ST-01 al ST-10 del Anexo N° 03**.

Tabla N° 25:

Tiempo de Operación Según Estudio Definitivo del Expediente Técnico.

Ítem	Criterio de Diseño (Exp. Técnico)	Referencia
Vida Operacional del Depósito de Relaves “SANSIL”	Tiempo de Operación 02 años, para depositar $190,000.00m^3$	San Antonio de Silver S.R.L. (Proyectos)

Fuente: San Antonio de Silver S.R.L. (Proyectos).

Tabla N° 26:

Volumen del Depósito de Relave Durante la Ejecución.

Ítem	Criterio de Diseño (Ejecución)	Referencia
Volumen del Depósito de Relaves “SANSIL”	209,168.200m ³	Camaing S.A.C (Supervisión)

Fuente: Camaing S.A.C. (Supervisión).

- **Estimación de volumen de aguas de relave – sin balance de aguas:**

En esta estimación se realizó la comparación del volumen de agua con el expediente técnico y la ejecución del proyecto, los datos generados se encuentran en el **Anexo N° 02**, en esta **tabla N° 27**, se presenta el resumen obtenido, el resultado obtenido es de 7 años con 8 meses de operación del depósito de relave para un volumen de 208,015.66 m³, esto genera como su vida útil no óptima de operación para el depósito de relave de la minera “SANSIL”, ya que esta estimación es sin el calcular del balance de aguas.

Tabla N° 27:

Estimación de volumen Sin Balance Para el Depósito de Relave de la Mina “SANSIL”

ESTIMACION DE VOL. DE AGUA DE RELAVE		
AÑOS DE OP.	7 años - 3 meses	7 años - 8 meses
AÑOS	PARA EL VOL. (192,000.00 m ³)	PARA EL VOL. (209,168.20 m ³)
2018	3,793.726	3,793.726
2019	27,974.646	27,974.646
2020	27,819.480	27,819.480
2021	27,885.386	27,885.386
2022	27,817.483	27,817.483
2023	27,817.483	27,817.483
2024	27,817.483	27,817.483
2025	20,863.112	27,817.483
2026	0	9,272.494
VOL. ACUM.	191,788.797	208,015.662

Fuente: Elaboración Propia.

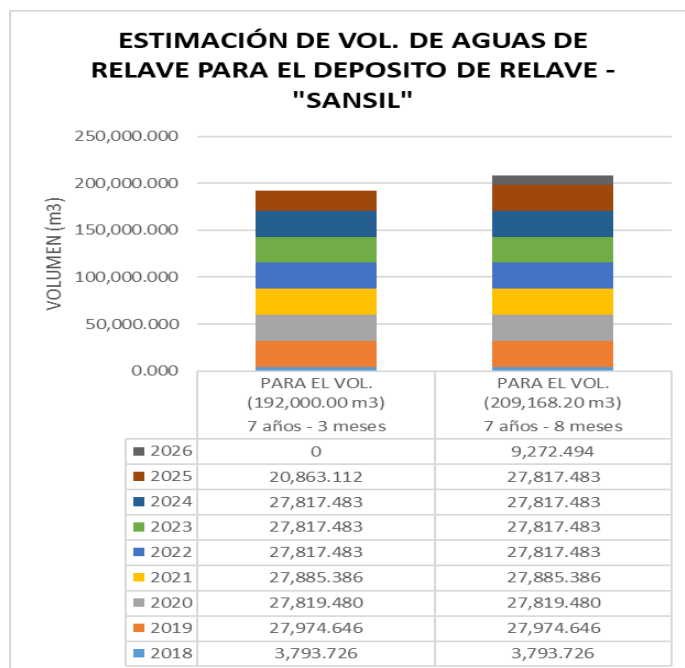


Figura N° 41: Estimación de volumen Sin Balance para el Depósito de Relave de la Mina "SANSIL"
Fuente: Elaboración Propia.

- **Estimación de volumen de aguas de relave – con balance de aguas:**

En esta estimación se realizó para volumen de agua según la ejecución del proyecto, los datos generados se encuentran en el **Anexo N° 02**, en esta **Tabla N° 28**, se presenta el resumen obtenido, el resultado obtenido es de 3 años con 7 meses de operación del depósito de relave para un volumen de 209,168.20 m³, esto genera como su vida útil óptimo de operación para el depósito de relave de la minera "SASIL", ya que con estos volúmenes obtenidos se realizara el análisis de estabilidad del dique para encontrar el factor de seguridad (Fs).

Tabla N° 28:

Estimación de volumen Con Balance para el Depósito de Relave de la Mina "SANSIL"

ESTIMACION DE VOL. DE AGUA DE RELAVE	
AÑOS DE OP.	3 años c/. 7 meses
AÑOS	VOL. ACUM. (209,168.20 m³)
2018	16,945.024
2019	17,985.452
2020	78,237.854
2021	78,238.124
2022	17,761.746
VOL. ACUM.	209,168.200

Fuente: Elaboración Propia.

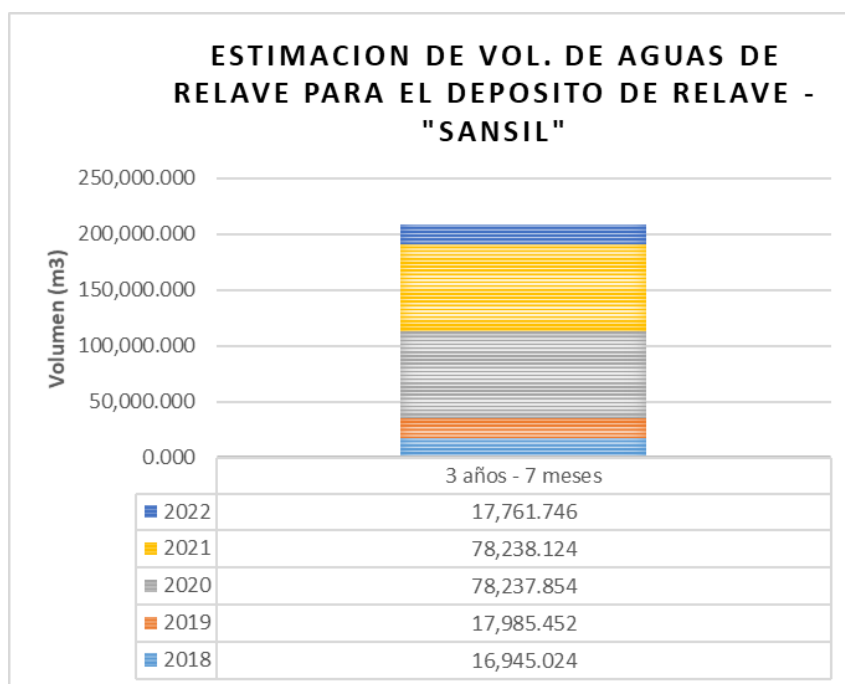


Figura N° 42: Estimación de volumen Con Balance para el Depósito de Relave de la Mina "SANSIL"

Fuente: Elaboración Propia.

4.3. CAPAS DE RELAVE.

Para las capas de relave se obtendrá de los datos del flujo de descargas al embalse de la estimación de volumen con el cálculo de balance de aguas para varias cotas desde el 4,810.00 m.s.n.m. hasta 4,819.00m.s.n.m., teniendo 1.00 m de borde libre.

Tabla N° 29:

Capas de Relave en el Depósito.

N° DE AÑOS	AÑOS	VOL. ACUM. (m ³)	COTA (m.s.n.m)	DESCRIPCION
----	-----	0.00	4,810.00	<u>BASE</u>
0.4	2018	16,945.02	4,810.73	CAPA 01
1	2019	34,930.48	4,811.50	CAPA 02
1	2020	113,168.33	4,814.87	CAPA 03
1	2021	191,406.45	4,818.24	CAPA 04
0.3	2022	209,168.20	4,819.00	CAPA 05
----	-----	-----	4,820.00	<u>CORONA</u>
3 años con 7 meses				

Fuente: Elaboración Propia.

4.4.CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICO.

4.4.1. Investigación geotécnica de campo.

a) Calicatas:

Con el objeto de determinar la estratigrafía del subsuelo de cimentación del emplazamiento del depósito de relaves “SANSIL” se ejecutaron 08 calicatas de exploración hasta la profundidad de 3.0 metros. De las calicatas se obtuvieron muestras alteradas para clasificación de suelos. En las excavaciones realizadas se encontró presencia de nivel freático solo en las calicatas C-1, C-2, C-3, C-6 y C-7 a las profundidades de 2.10, 2.00, 2.00, 0.30 y 0.40 metros, respectivamente.

b) Sondajes

- Adicionalmente, con el objeto de determinar las características de resistencia del subsuelo de cimentación del depósito de relaves “SANSIL” con la profundidad, se efectuaron 08 sondajes con cono dinámico de 1.25” de diámetro y ángulo de punta de 60 grados hasta la profundidad de 6.00 metros. El cono se abandona en el sitio al terminar la prueba, recuperándose sólo las varillas que se utilizaron para hincarlo. Se realizaron ensayos de penetración con el cono en forma continua, determinando el número de golpes para 0.30 metros de penetración por medio de un martillo de 22.10 kg de peso y 0.50 metros de altura de caída. Se encontró rechazo debido a la presencia de roca fracturada en los sondajes S-1, S-2, S-3, S-4, S-5 y S-8 a las profundidades de 4.20, 3.30, 2.80, 4.60, 1.50 y 2.10 metros y por presencia de cantos en los sondajes S-6 y S-7 a las profundidades de 6.00 y 3.90 metros, respectivamente.
- Debe mencionarse que el número de golpes obtenido con el cono dinámico anteriormente mencionado, se correlacionó con el número de golpes que se obtendría con el cono dinámico de Peck aplicando criterios contenidos en la norma ISO 22476-2(2005) y Waschkowski (1982), dado que este último cono es ampliamente conocido en nuestro medio.
- La ubicación de las calicatas y sondajes con el cono dinámico de Peck se presenta en **el Plano P-03 del Anexo N° 03**. Los registros de las calicatas y sondajes con el cono dinámico de Peck se presentan en el **Anexo N° 04**.

4.5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Para las muestras representativas obtenidas durante la investigación geotécnica, se efectuaron ensayos de laboratorio con la finalidad de determinar las propiedades índices, clasificación y ensayos especiales del material de relleno del dique, del material de fundación y del relave acumulado en el embalse .

- a) Con las muestras obtenidas de las calicatas, se realizaron ensayos de laboratorio de mecánica de suelos estándar y especiales sobre muestras disturbadas. Los ensayos realizados fueron:
- ❖ Análisis granulométrico por tamizado.
 - ❖ Límites de consistencia (límite líquido y límite plástico).
 - ❖ Gravedad específica de sólidos,
 - ❖ Contenido de sales solubles totales.
 - ❖ Ensayo de compactación Proctor Estándar sobre material de cimentación.
- b) En el **Anexo N° 04** se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio.

4.5.1. Ensayos estándar de mecánica de suelos.

Los ensayos estándar se realizaron con la finalidad de clasificar los suelos según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), así como inferir propiedades mecánicas de los suelos para su uso en ingeniería. A continuación, en la **Tabla N° 30**, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla N° 30:

Resultados de Ensayos Estándar de Mecánica de Suelos.

Muestra	Ubicación	Profundidad (m)	Límite de Consistencia (%)	Gs	% < N° 4	% < N° 200	(SUCS)
(Suelo Coluvial)	C-1 (M-2)	0.30 – 3.00	L.L. = 23.80 L.P. = 19.50	2.66	23.70	23.70	SM-SC
(Suelo Coluvial)	C-6 (M-2)	0.20 – 3.00	L.L. = 26.90 L.P. = N.P.	--	27.90	27.90	SM
(Suelo Coluvial)	C-8 (M-2)	0.50 – 3.00	L.L. = 28.50 L.P. = 24.40	2.70	52.80	20.10	GM

Fuente: Elaboración Propia.

Los cálculos sustentatorios para la obtención de los valores anteriormente mencionados se presentan en el **Anexo N° 04**.

4.5.2. Ensayos de compactación.

Para el ensayo de compactación se eligió la cantera “Capilla” a una distancia de 2.0 a 2.5 kilómetros hasta el depósito de relaves “SANSIL”, constituida por Grava mal graduada con arcilla (GP-GC). Este material se mantendrá en toda su extensión del depósito de relave “SANSIL”. Los resultados de ensayo de compactación Proctor Estándar se presenta a continuación en la **Tabla N° 31**.

Tabla N° 31:

Resultados de Ensayo de Compactación Proctor Estándar.

Muestra	Ubicación	(SUCS)	Densidad Seca Máxima (g/cm ³)	Contenido de Humedad Optimo (%)
(Dique / Mejoramiento)	CAPILLA	GP-GC	2.245	6.3

Fuente: Elaboración Propia.

El cálculo sustentatorios para la obtención de los valores anteriormente mencionados se presentan en el **Anexo N° 04**.

4.5.3. Ensayo de resistencia cortante.

a) Se descartó realizar ensayos de corte triaxial en el suelo coluvial compactado, dado que se trata de suelos con fracción gruesa significativa, cuya remoción conduce a resultados no realistas.

b) Los parámetros de resistencia del suelo coluvial compactados al 100.0 % del ensayo Proctor Estándar, han sido estimados conservadoramente a partir de la comparación con materiales similares de igual clasificación obtenidos de la literatura especializada basada en ensayos de corte triaxial (Duncan et al, 1980; Vick, 1983).

c) Finalmente, los parámetros de resistencia cortante en esfuerzos totales del suelo coluvial (SM-SC) han sido obtenidos conservadoramente a partir de sondajes in situ realizados con cono dinámico de Peck, ensayos de clasificación y utilización de las relaciones siguientes:

$$q_d = (W \cdot H) / A \cdot e \quad (1) \text{ (ISO 22476-2: 2005)}$$

$$q_d \text{ (cono dinámico)} / q_c \text{ (cono holandés)} = 1.0 \quad (2) \text{ (Waschkowski, 1982)}$$

$$\phi' = 17.6 + 11.0 \cdot \log \left\{ (q_c / p_a) / (p_o / p_a)^{0.5} \right\} \quad (3) \text{ (Kulhawy and Mayne, 1990)}$$

$$q_c = 3/2 \left\{ (1 + 1/\sqrt{S_t}) c / 2 + p_o \cdot \tan \phi \right\} \cdot (e^{(2\pi \tan \phi)} - 1 / \tan \phi) \cos \phi \quad (4) \text{ (Muromachi, 1981)}$$

$$\gamma/\gamma_w = [0.27*(\log R_f) + 0.36[\log (q_c/p_a)] + 1.236]G_s/2.65 \quad (5) \text{ (Robertson and Cabal, 2010)}$$

Donde:

q_d = Resistencia dinámica unitaria a la penetración del cono dinámico, en tn/m^2 .

q_c = Resistencia estática unitaria a la penetración del cono holandés, en tn/m^2 .

W = Peso del martillo.

H = Altura de caída.

A = Área de la proyección del cono.

e = Penetración promedio por golpe.

ϕ' = Ángulo de fricción interno.

c = Cohesión.

St = Sensibilidad del suelo.

p_o = Presión de sobrecarga.

p_a = Presión atmosférica.

γ / γ_w = Densidad del suelo in situ / densidad del agua.

R_f = Relación de fricción, en %.

G_s = Gravedad específica de sólidos del suelo.

d) Los cálculos justificativos para la obtención de los parámetros de resistencia del suelo coluvial (SM-SC) en esfuerzos totales, los resultados indican para el ángulo de fricción y cohesión es de 28.00° y $0.50 \text{ (tn/m}^2\text{)}$, se presentan en el **Anexo N° 04**, se tiene la aparición de roca basal constituida por roca caliza, se tomara las condiciones de esfuerzos efectivos del ángulo de fricción de 35.00° , la cohesión de $0.00 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ y teniendo un peso específico de $1.937 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$, que será parte de la cimentación del dique.

c) Para el material de mejoramiento y relleno del dique se realizó el ensayo de compresión triaxial del tipo CD (consolidado drenado), obtenido en la calicata #01, los resultados indican para los valores de deformación bajo condiciones efectivas del ángulo de fricción y cohesión es de 36.00° y $0.102 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, se presentan en el **Anexo N° 04**.

d) Unidad geotécnico I (UG-I), en la muestra de relave, está conformado de relaves de pulpa cuya unidad consiste principalmente de la alternancia de horizonte de limo baja plasticidad arenosa. Clasifica en el sistema SUCS como ML, de color gris. Se realizó el ensayo de compresión triaxial del tipo UU (no consolidado y no drenado), obtenido de la muestra extraída de relave, los resultados indican para los valores de deformación bajo condiciones efectivas del ángulo de fricción y cohesión

es de 15.00° y $0.000 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$, teniendo un peso específico de $1.350 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$, se presentan en el **Anexo N° 04**.

Estos resultados se utilizarán en los análisis de estabilidad del depósito de relaves “SANSIL”.

4.5.4. Perfil estratigráfico.

- a) El subsuelo de cimentación del depósito de relaves “SANSIL” está conformado por una capa superficial de espesor variable de 0.20 a 0.30 metros, constituida por suelo orgánico (OH), blando, húmedo. Subyaciendo la capa anterior, aparece suelo coluvial de más de 5.0 metros de espesor, constituido por arena arcillo limosa con grava (SM-SC), arena limosa con grava (SM) y grava limosa con arena (GM). Finalmente, debajo del estrato anteriormente mencionado aparece la roca basal constituida por roca caliza.

4.6. PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE MATERIALES.

En la **Tabla N° 32**, muestra los parámetros geotécnicos de los diferentes tipos de materiales considerados en los análisis de estabilidad del depósito de relaves, según la condición analizada .

Las propiedades resistentes fueron estimadas sobre la base de la información obtenida del estudio previo (2017) y de los ensayos de campo y de laboratorio realizados como parte de la última campaña geotécnica realizada, de acuerdo a la práctica ingenieril, y de la experiencia en proyectos similares .

La información incluye pesos específico y parámetros de resistencia al corte en términos de esfuerzos efectivos para todas las unidades, cohesión, Angulo de fricción .

Tabla N° 32:

Parámetros Geotécnicos.

Unidad Geotécnica	Descripción del Material	Clasificación SUCS	Peso específico (kN/m ³)	Cohesión (kN/m ²)	Angulo de Fricción (°)
Dique / Mejoramiento	Grava mal graduada con arcilla	GP-GC	21.000	10.000	36.0
Suelo Coluvial	Arena arcillo limosa con grava	SM-SC	17.652	4.903	28.0

Fuente: Elaboración Propia.

4.7. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE.

4.7.1. Criterios de análisis utilizado.

El análisis de estabilidad del dique del depósito de relaves de la mina “SANSIL”, ha sido desarrollado a modo de cumplir los requerimientos mínimos aceptables de acuerdo a las regulaciones mineras vigentes .

Se realizó el análisis de estabilidad del dique para condición estática y en condiciones de sismo (análisis pseudo-estático) mediante métodos de equilibrio límite, a fin de estimar los factores de seguridad (Fs) más bajos .

Los factores de seguridad fueron obtenidos por el método de **Janbu simplificado (1955)**, el cual satisface tanto el equilibrio de fuerzas como el equilibrio de momentos. Los análisis de estabilidad se han realizado en base a esfuerzos efectivos, tanto para condiciones estáticas como pseudo-estáticas .

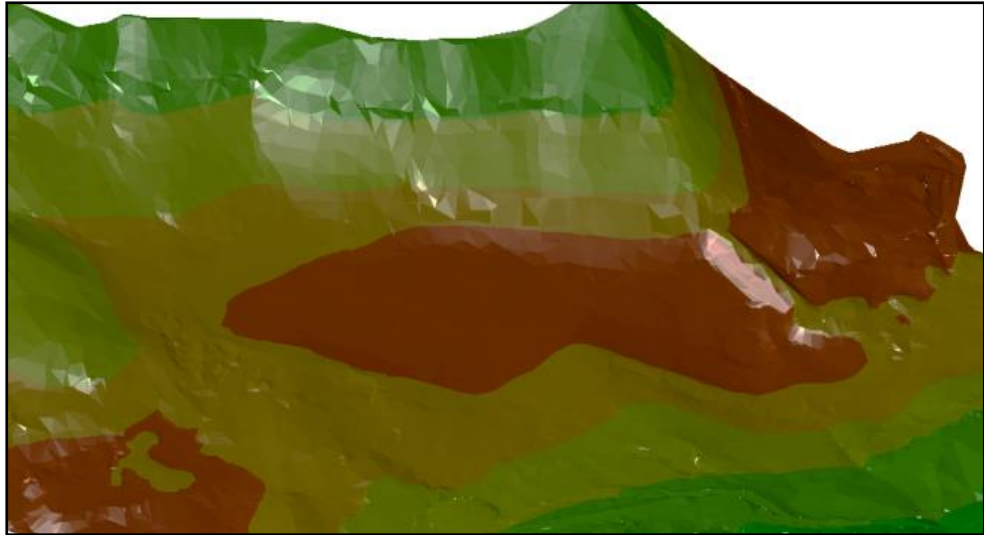
En el caso del análisis pseudo-estático, la “Guía Ambiental para la Estabilidad de dique del Depósito de Desechos Sólidos de Mina “SANSIL” ha propuesto utilizar un valor de coeficiente sísmico (K) que varía entre 1/2 y 2/3 de la aceleración máxima a nivel de terreno (PGA) también se tiene el criterio de Hynes y Franklin (1984), $k = 0.50 * a_{máx}/g$.

Los parámetros de diseño sísmico han sido seleccionados según la Norma E.030 de sismo resistencia vigente, el cual fue emitido en agosto de 2016 .

De acuerdo a estos antecedentes, el coeficiente sísmico para el análisis de estabilidad física del depósito de relaves para la Mina “SANSIL” en condición pseudo-estática será **K= 0.175 g**, que representa 1/2 de la aceleración máxima en el terreno de 0,35 g para un periodo de retorno de 500 años .

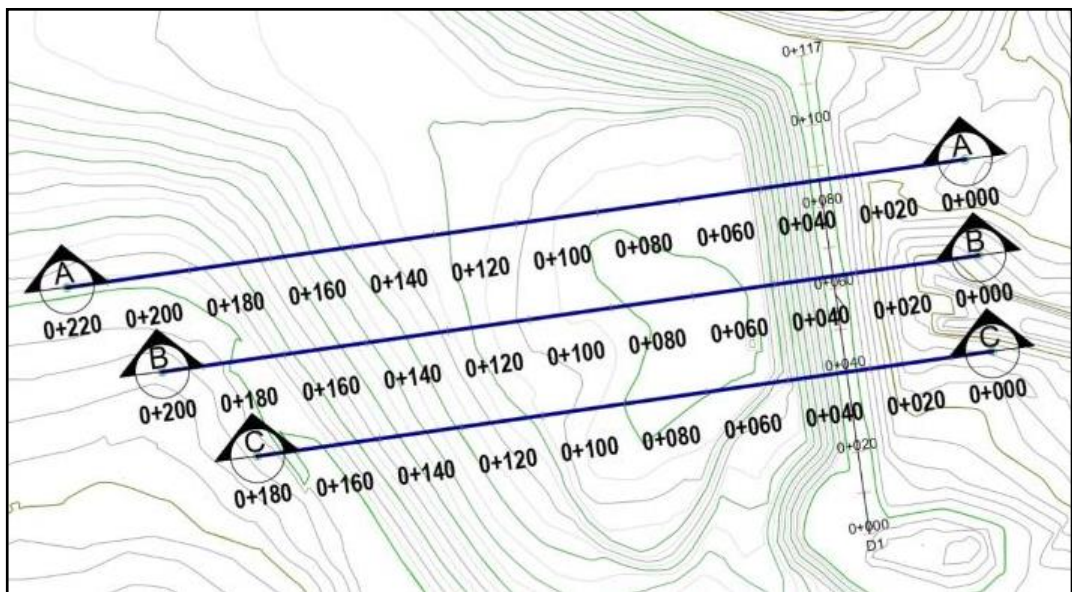
4.7.2. Sección de análisis.

El área del proyecto de investigación se encuentra se ubicada en la Concesión de Beneficio SANSIL, distrito de Chongos Alto – Acobambilla, provincia de Huancayo – Huancavelica, departamento de Junín – Huancavelica, se muestra en la **Figura N° 43**. la ubicación del dique.



*Figura N° 43: Modelamiento en AutoCAD Civil del Área de Estudio.
Fuente: Elaboración Propia.*



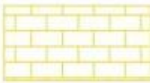

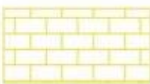
Se encuentra tres tipos de secciones para el análisis de estabilidad para aguas arriba y aguas abajo, la sección “A-A” eje **IZQUIERDA**. se ubica en la progresiva 0+086.51 del eje del dique, se tiene una distancia de 220 metros, “B-B” eje **CENTRAL** se ubica en la progresiva 0+063.02 del eje del dique, se tiene una distancia de 200 metros y “C-C” eje **DERECHA** se ubica en la progresiva 0+039.53 del eje del dique, se tiene una distancia de 180 metros, se detalla en la siguiente **Figura N° 44.**



*Figura N° 44: Ubicación en Planta del Área de Secciones Típicas.
Fuente: Elaboración Propia.*

Para los perfiles longitudinales en secciones “A-A”, “B-B” y “C-C”, se modelará en el programa SLIDE v.6.0 se tiene en las tres secciones típicas como se muestra en las siguientes Figuras.

Datos generales:

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL DIQUE DE TIERRA	
LADO IZQ. Y DER.	LADO CENTRAL
 <p>Dique de Tierra 4820.00 msnm Recrecimiento Con Material Estructural (GP-GC)</p>	 <p>Dique de Tierra 4820.00 msnm Recrecimiento Con Material Estructural (GP-GC)</p>
 <p>Macizo Rocoso Basal (Roca Caliza)</p>	 <p>Mejoramiento (GP-GC)</p>
	 <p>Macizo Rocoso Basal (Roca Caliza)</p>


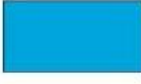





PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL DEPOSITO DE RELAVE	
	C5-Deposito de Relave Cota: 4819.000 Vol. Acum.: 209,168.20 Años: 0.3
	C4-Deposito de Relave Cota: 4818.239 Vol. Acum.: 191,406.45 Años: 1.0
	C3-Deposito de Relave Cota: 4,814.869 Vol. Acum.: 113,168.33 Años: 1.0
	C2-Deposito de Relave Cota: 4,811.503 Vol. Acum.: 34,930.48 Años: 1.0
	C1-Deposito de Relave Cota: 4,810.729 Vol. Acum.: 16,945.02 Años: 0.4
	Superficie de Terreno Perfilado y Compactado
	Suelo Coluvia Arena Arcilla Limosa con Grava (SM-SC)

Figura N° 45: Leyenda General para las Secciones Típicas.

Fuente: Elaboración Propia

Para la sección “A-A”.

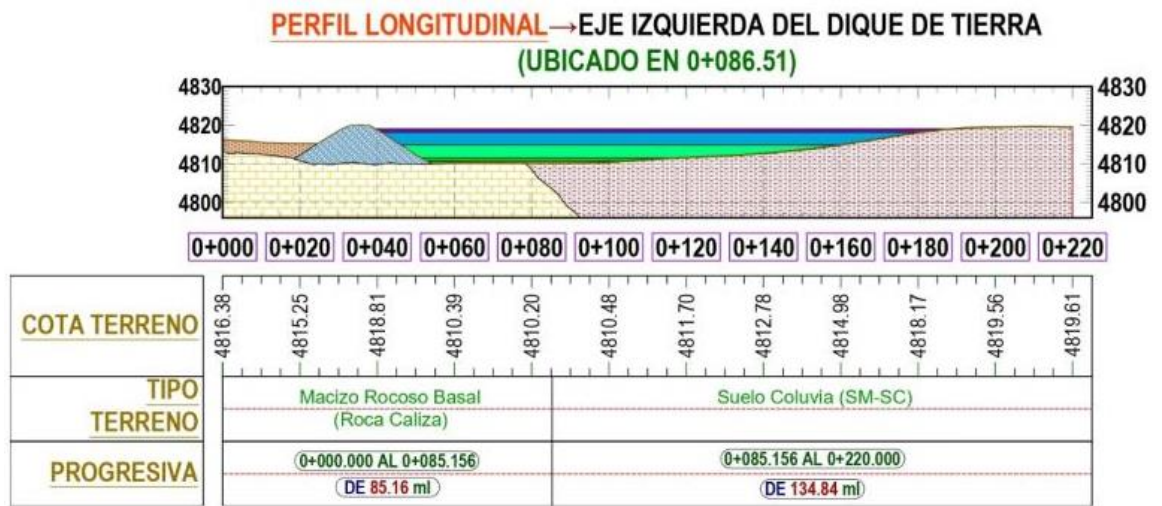


Figura N° 46: Sección “A-A” – IZQUIERDA Ubicado en la Progresiva 0+086.51 del Eje del Dique.
Fuente: Elaboración Propia.

Para la sección “B-B”.

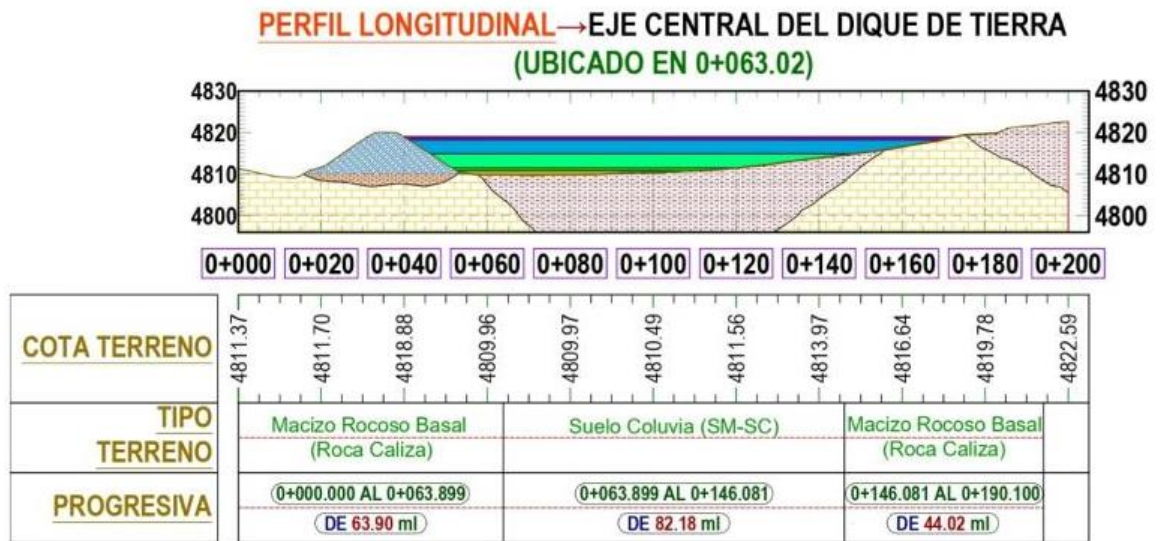


Figura N° 47 Sección “B-B” – CENTRAL Ubicado en la Progresiva 0+063.02 del Eje del Dique.:
Fuente: Elaboración Propia.

Para la sección “C-C”.

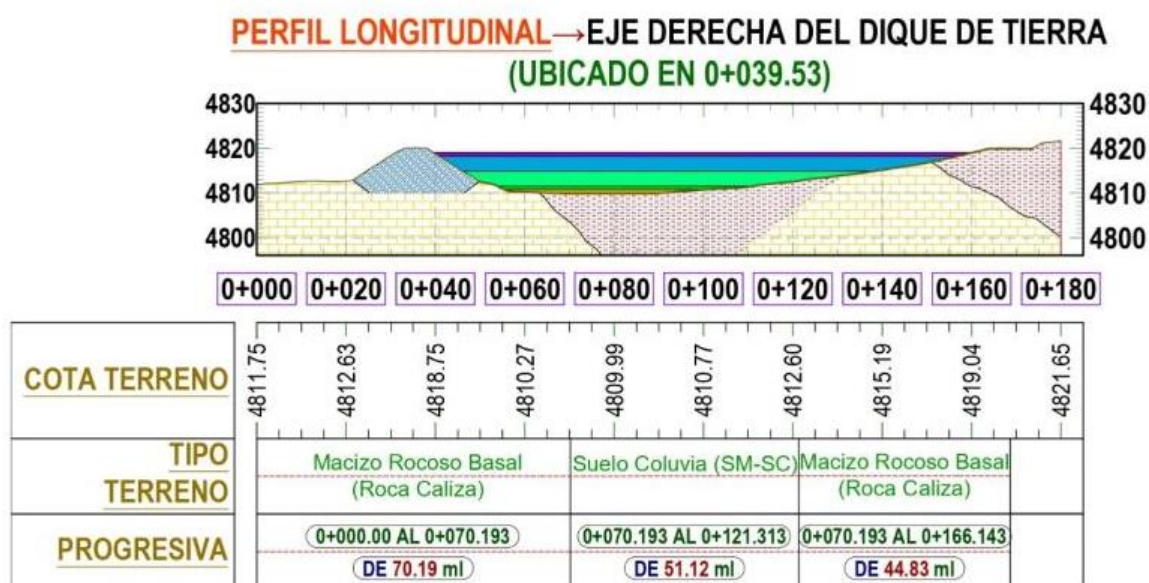


Figura N° 48: Sección “C-C” – DERECHA Ubicado en la Progresiva 0+039.53 del Eje del Dique.

Fuente: Elaboración Propia.

4.7.3. Factores de seguridad mínimos requeridos.

Los factores de estabilidad son comparados con los factores mínimos de establecidos por CDA (Manejo de Riesgo Revisión de Seguridad de Presas.), tanto en métodos estático y sismo (seudo-estático).

Tabla N° 33:

Factor de Seguridad Mínimas para Presas de Tierra y Enrocado.

Descripción	Unidad	Criterio de Análisis
Factor de seguridad, estabilidad estática corto plazo, mínimo.	Fs	1.30
Factor de seguridad, estabilidad estática largo plazo, mínimo.	Fs	1.50
Factor de seguridad, estabilidad pseudo – estático.	Fs	1.00
Análisis de deformación	SI Fs pseudo estatico < 1.00	0.30 m (revestimiento)

Fuente: Elaboración Propia.

4.8. MODELAMIENTO CON EL PROGRAMA SLIDE v.6.0 DE LAS SECCIONES TÍPICAS.

4.8.1. Sección “A-A” - IZQUIERDA Ubicado en la progresiva 0+086.51 del eje del dique.

A) Para un nivel **4,810.000** m.s.n.m con volumen de Alm. de **0.00** m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

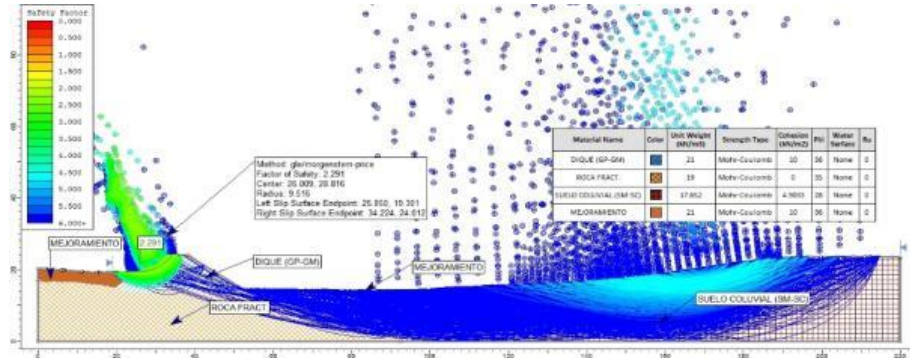


Figura N° 49: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

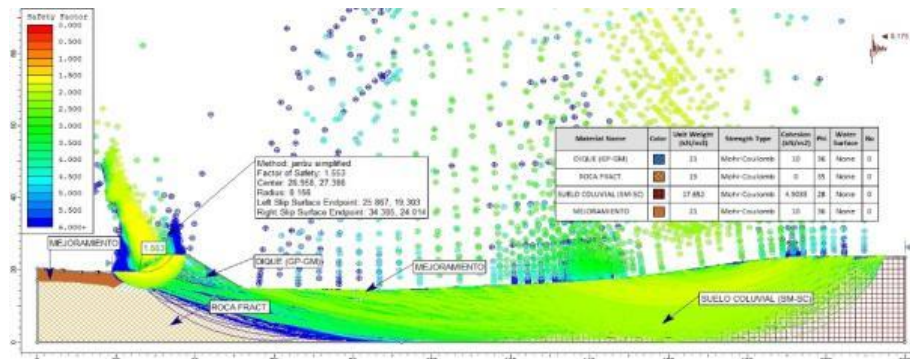


Figura N° 50: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

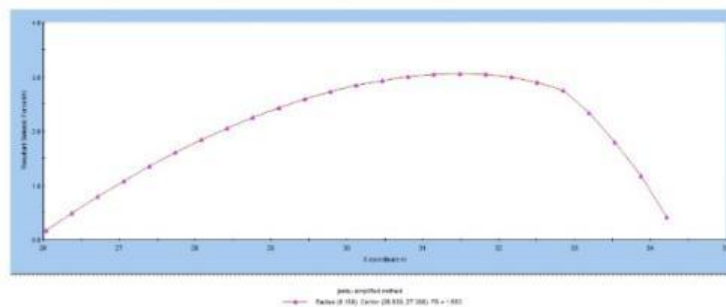


Figura N° 51: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

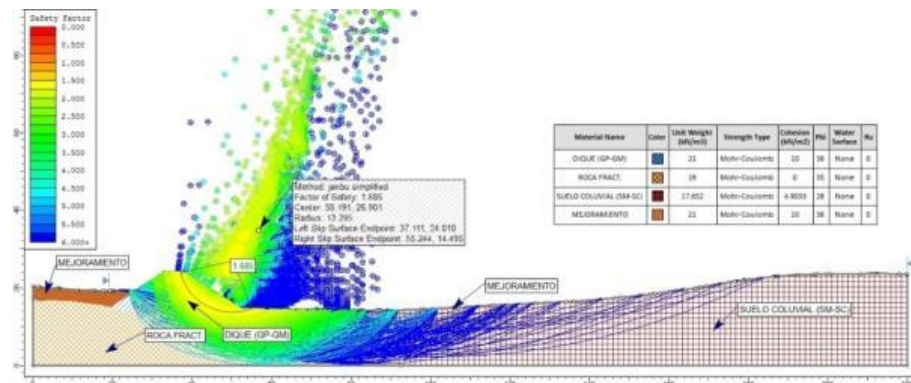


Figura N° 52: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.685$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

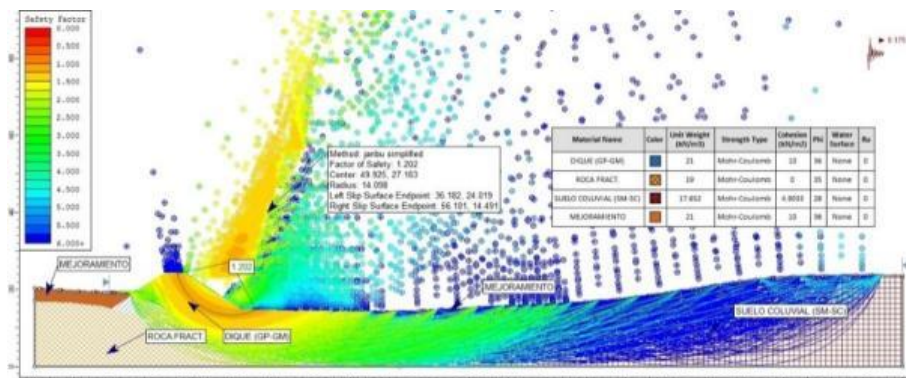


Figura N° 53: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.202$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

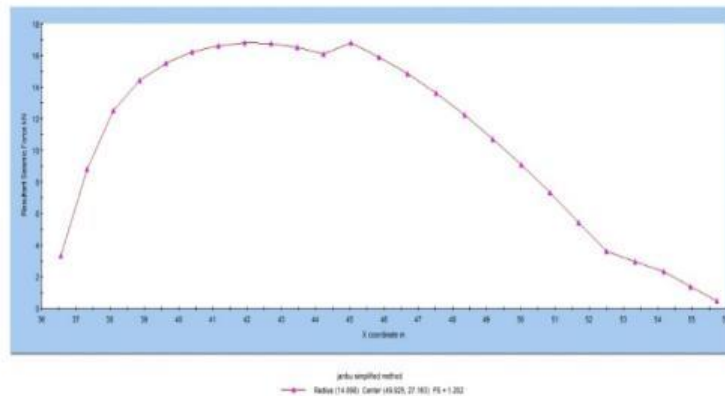


Figura N° 54: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

B) Para un nivel 4,810.729 m.s.n.m con volumen de Alm. de 16,945.02 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

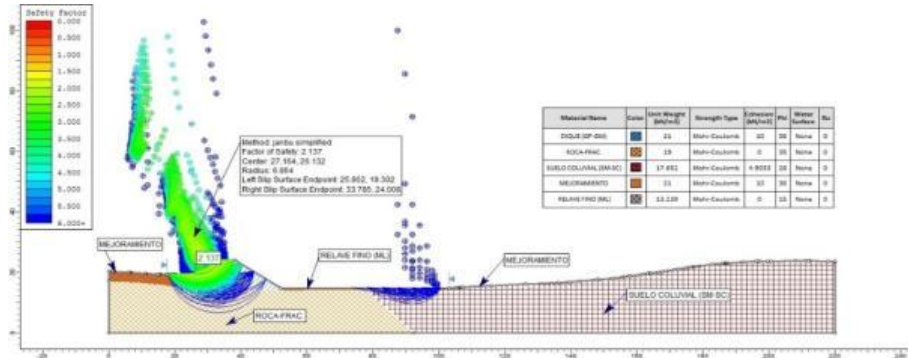


Figura N° 55: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

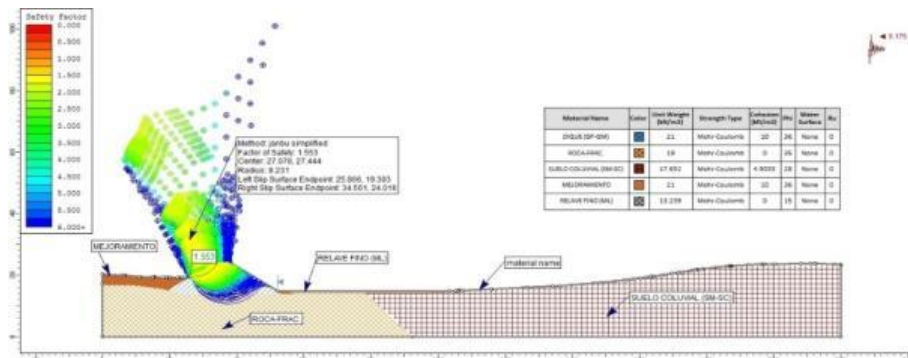


Figura N° 56: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

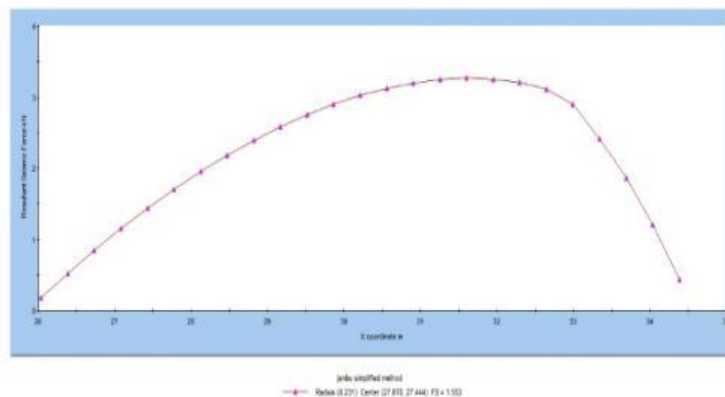


Figura N° 57: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

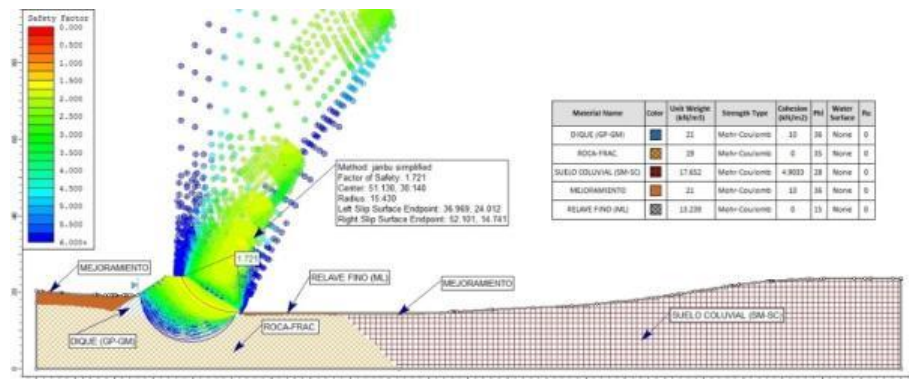


Figura N° 58: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.721$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

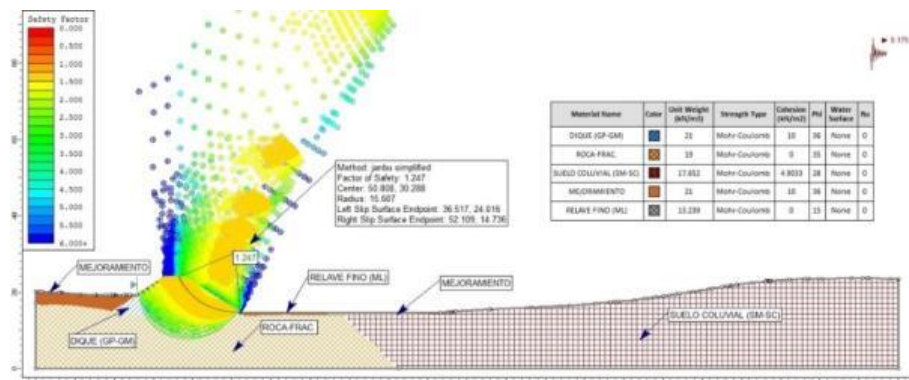


Figura N° 59: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.247$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

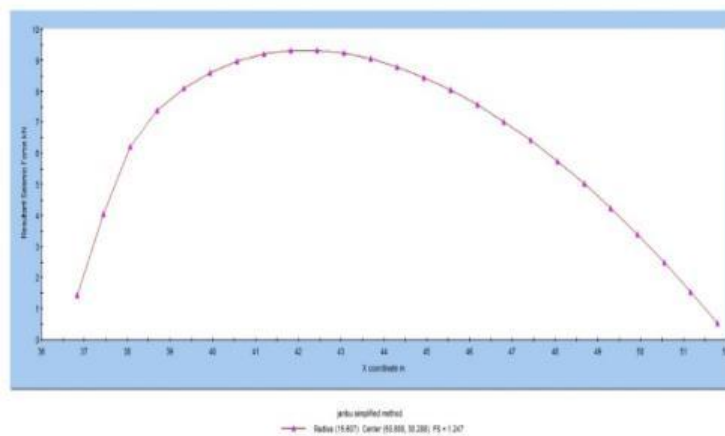


Figura N° 60: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

C) Para un nivel 4.811.503 m.s.n.m con volumen de Alm. de 34.930.48 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

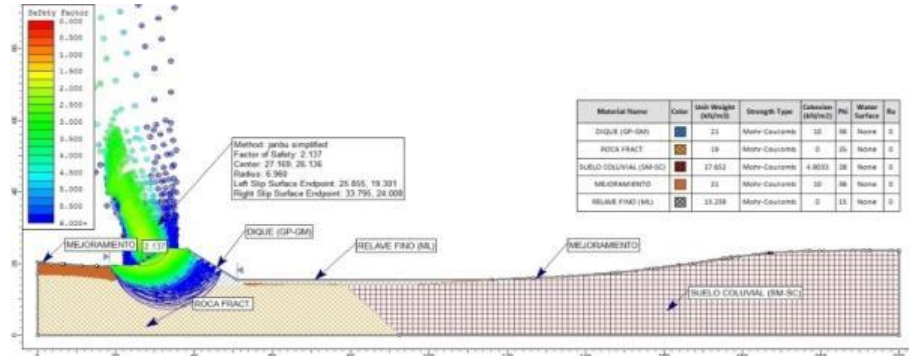


Figura N° 61: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

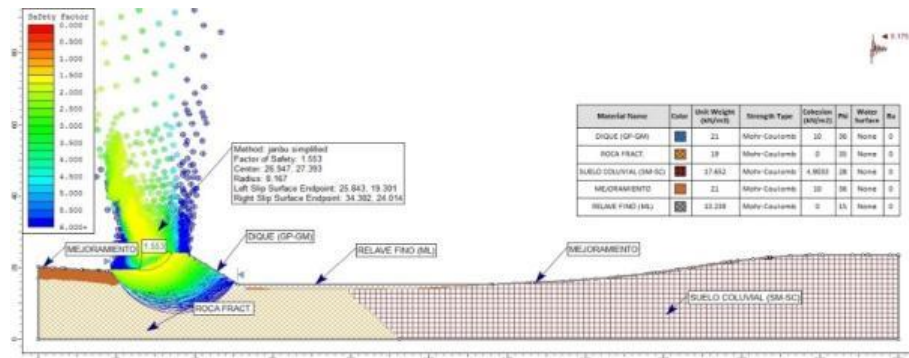


Figura N° 62: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

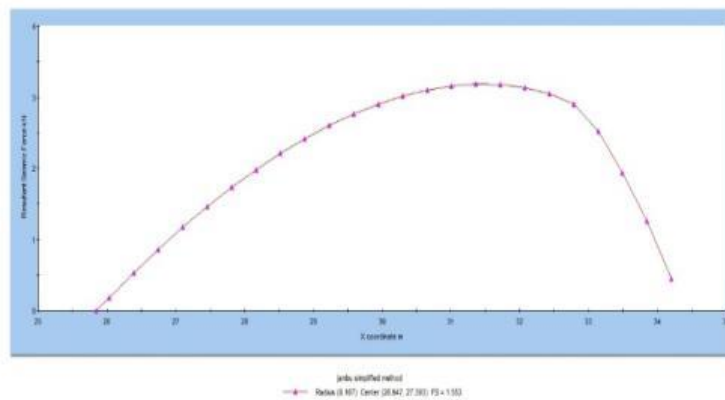


Figura N° 63: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

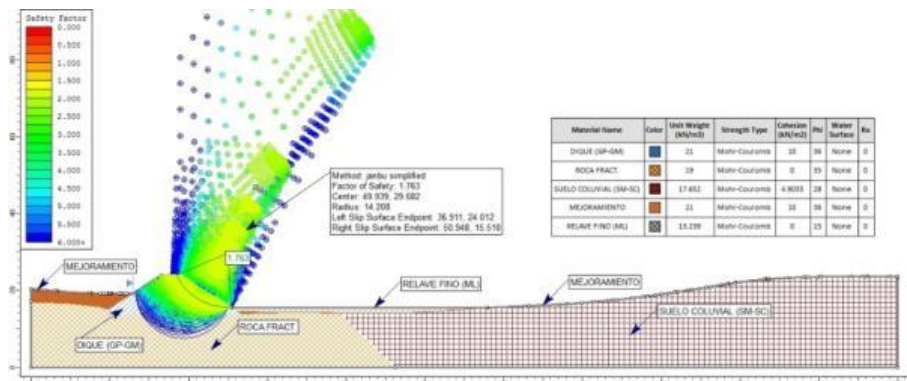


Figura N° 64: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.763$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

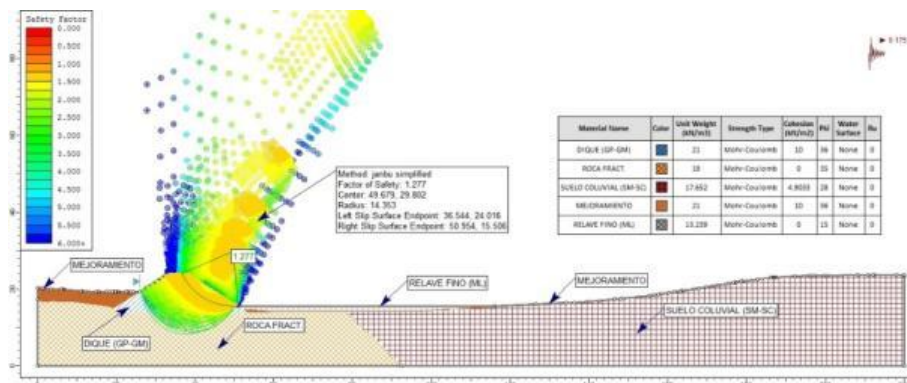


Figura N° 65: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.277$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

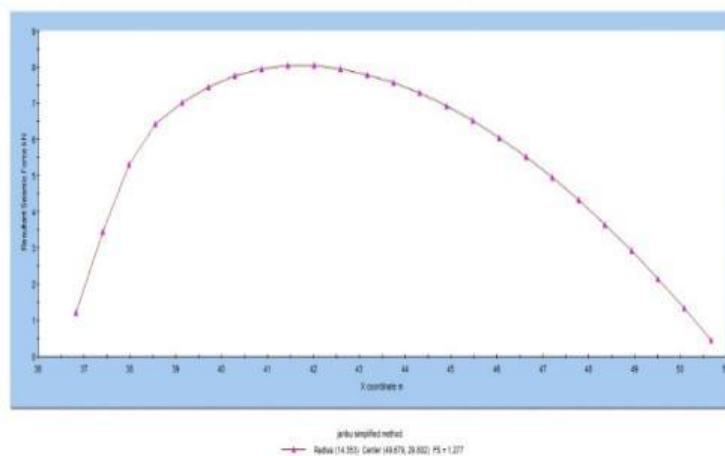


Figura N° 66: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

D) Para un nivel 4,814.869 m.s.n.m con volumen de Alm. de 113,168.33 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

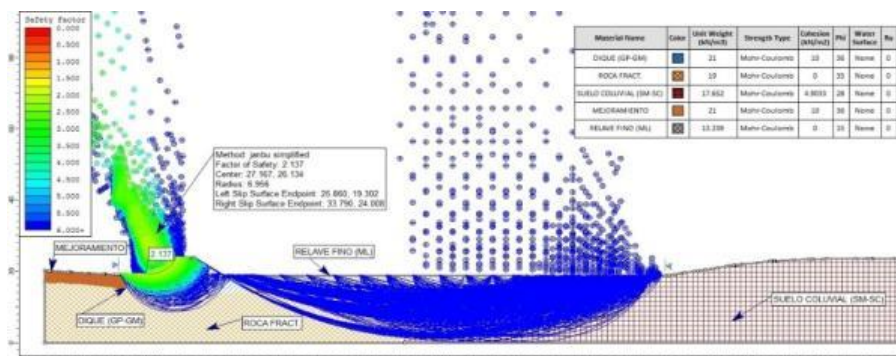


Figura N° 67: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

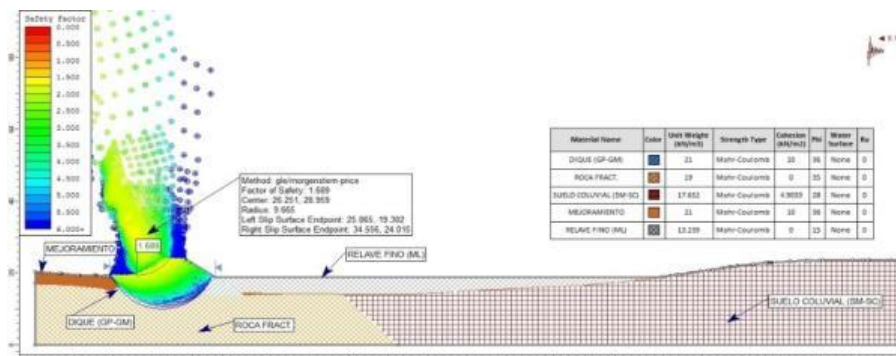


Figura N° 68: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

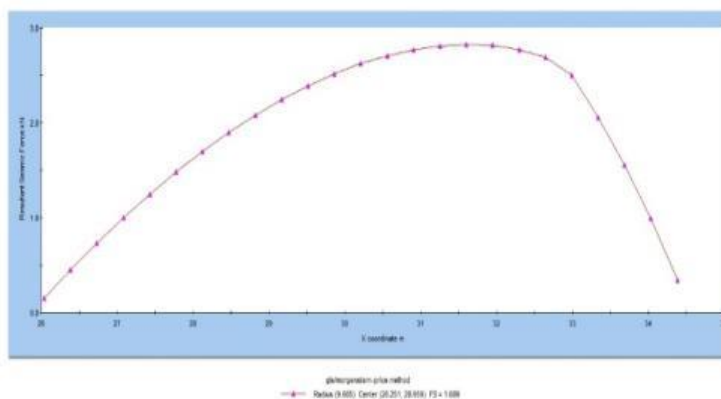


Figura N° 69: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

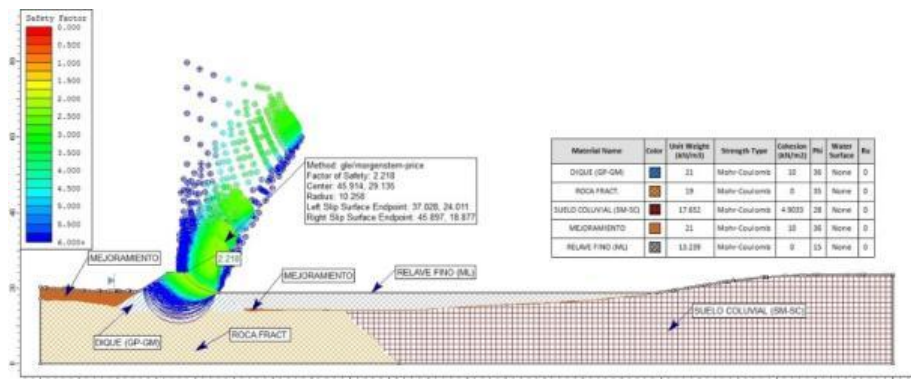


Figura N° 70: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.070$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

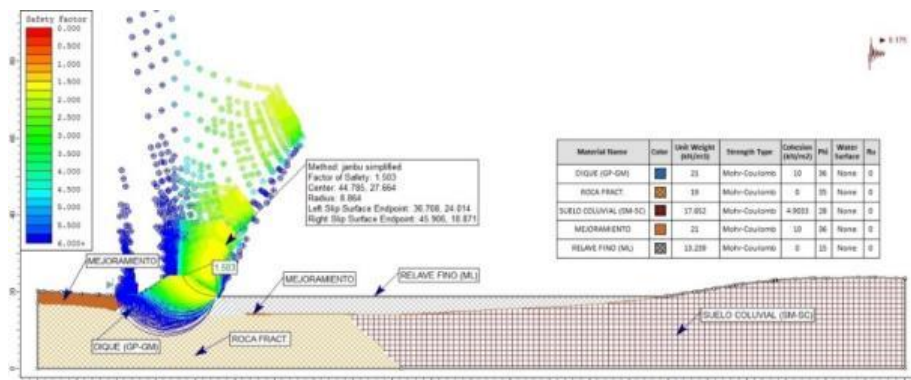


Figura N° 71: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.503$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

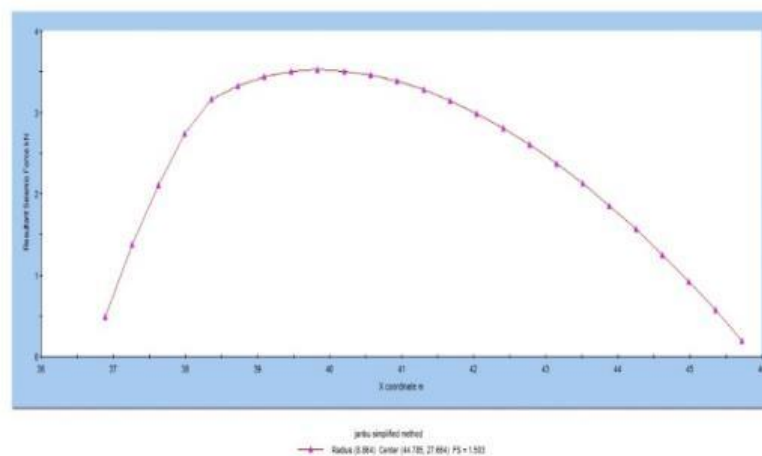


Figura N° 72: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

E) Para un nivel 4,818.236 m.s.n.m con volumen de Alm. de 191,406.45 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

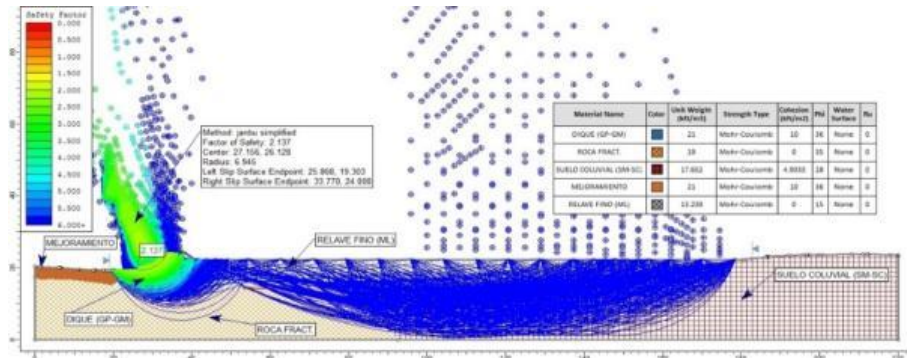


Figura N° 73: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

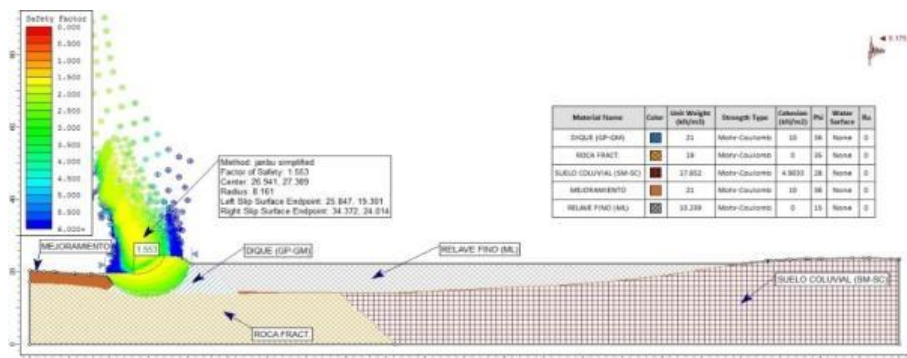


Figura N° 74: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

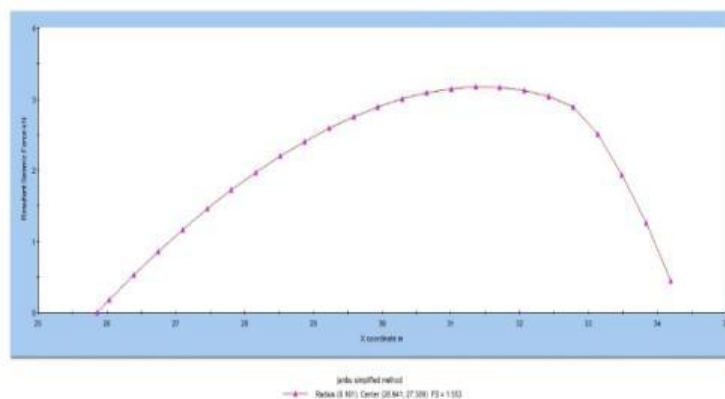


Figura N° 75: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

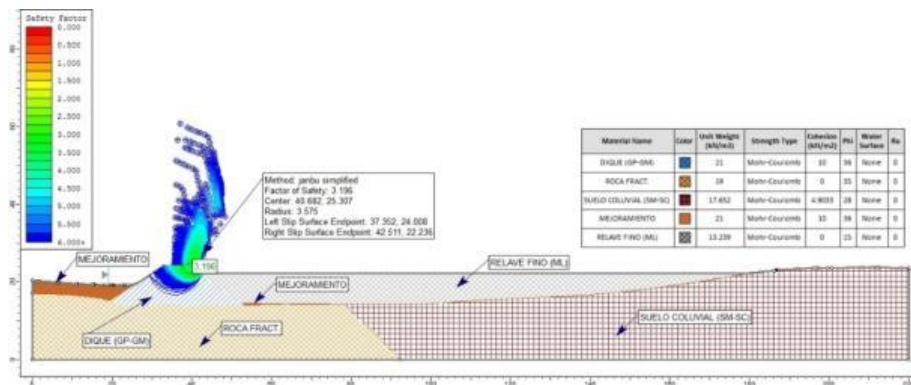


Figura N° 76: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

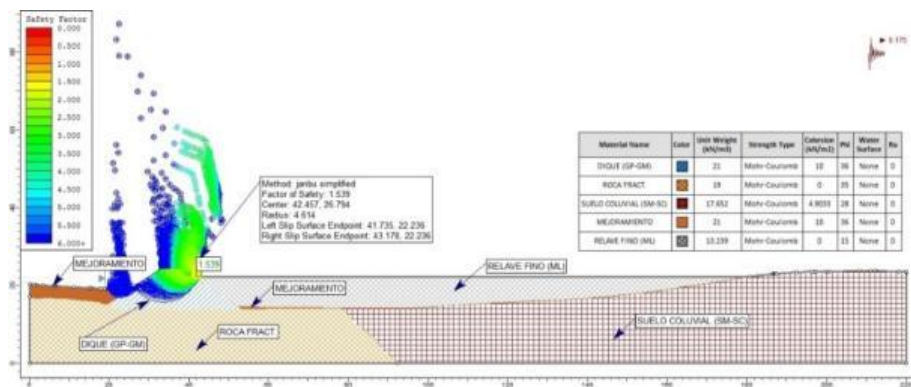


Figura N° 77: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

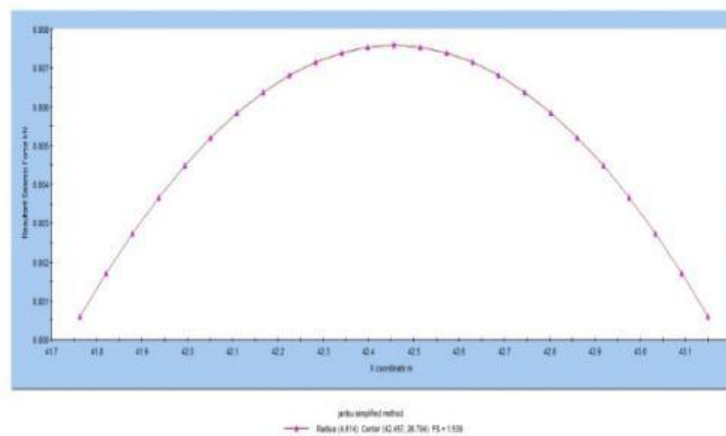


Figura N° 78: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

F) Para un nivel 4,819.000 m.s.n.m con volumen de Alm. de 209,168.20 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

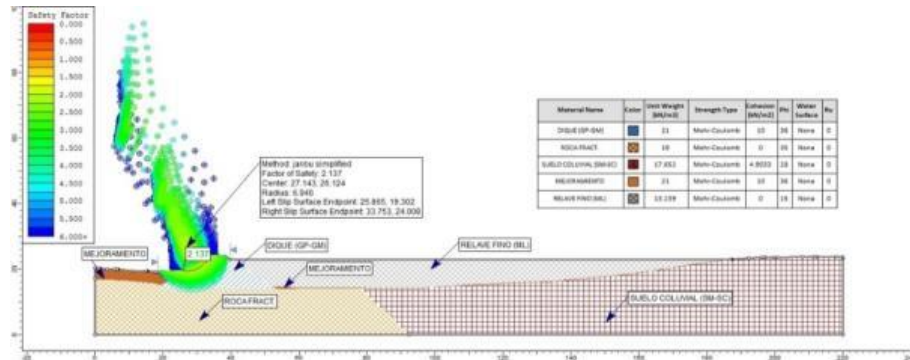


Figura N° 79: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.137$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

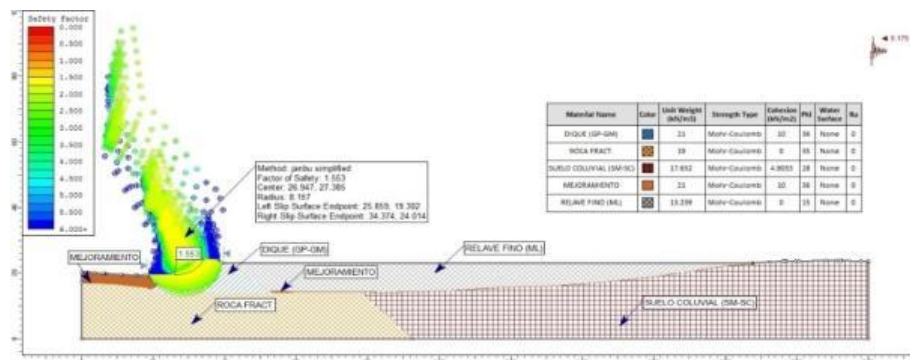


Figura N° 80: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.553$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

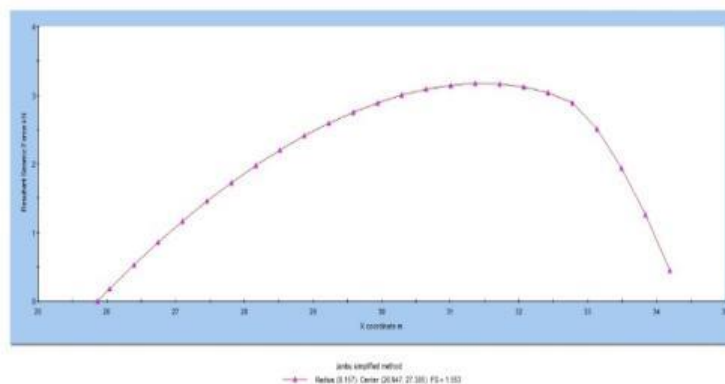


Figura N° 81: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

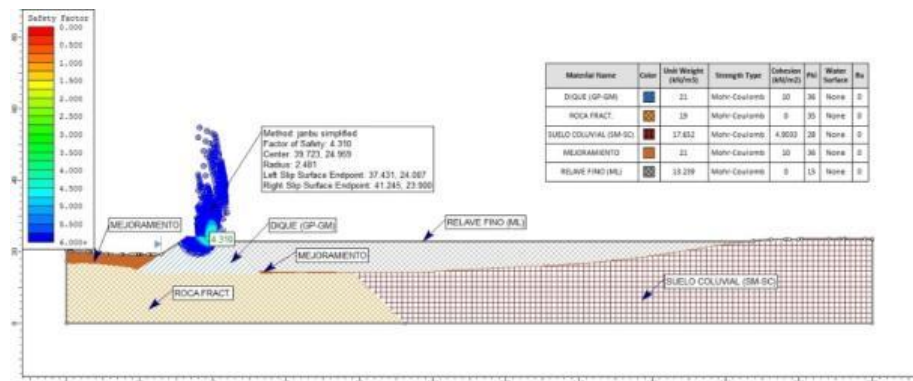


Figura N° 82: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.310$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

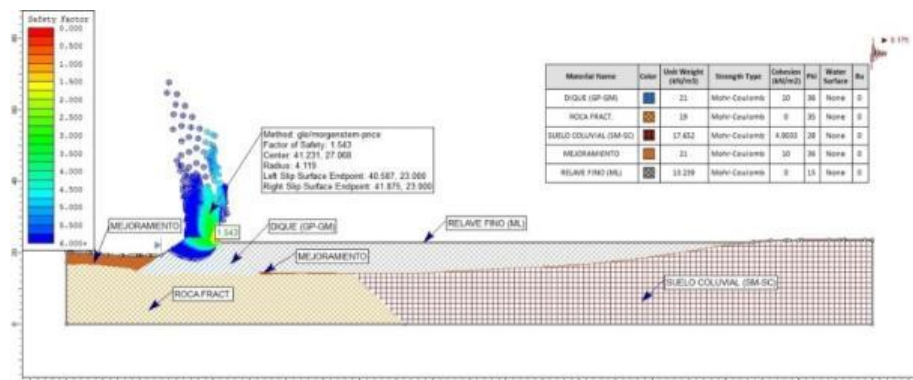


Figura N° 83: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

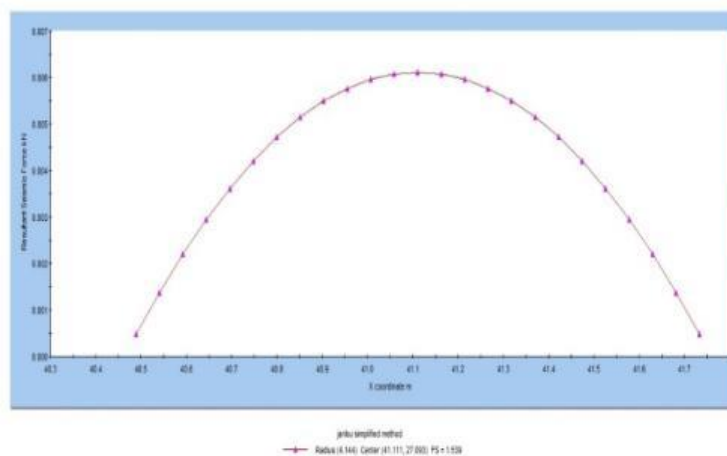


Figura N° 84: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.2. Sección “B-B” - CENTRAL Ubicado en la progresiva 0+063.02 del eje del dique.

A) Para un nivel 4,810.000 m.s.n.m con volumen de Alm. de 0.00 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

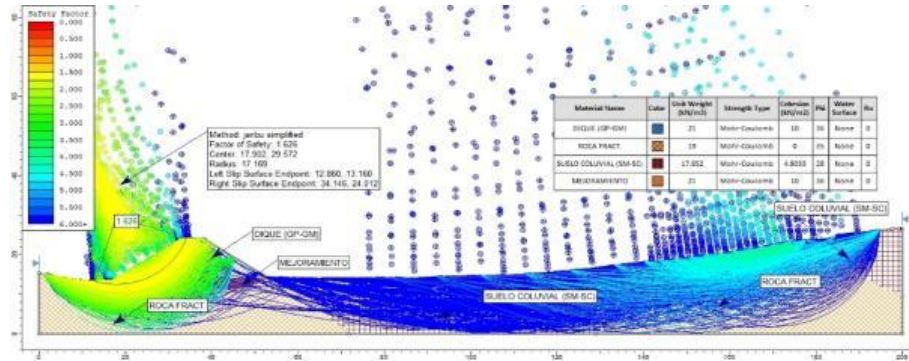


Figura N° 85: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

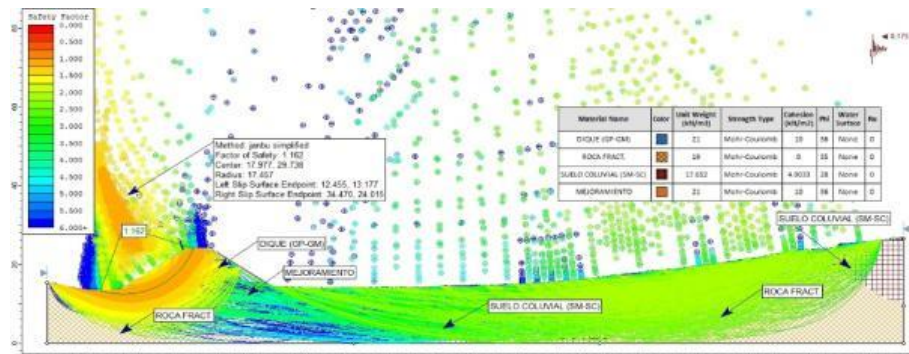


Figura N° 86: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

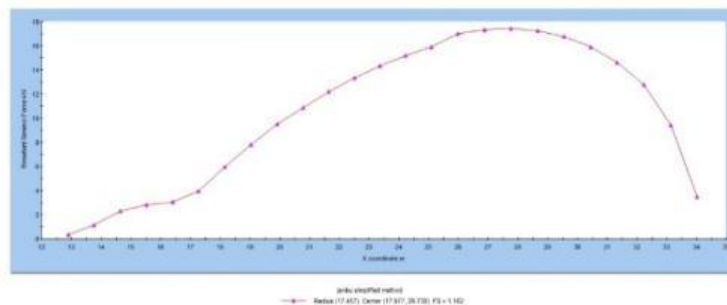


Figura N° 87: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

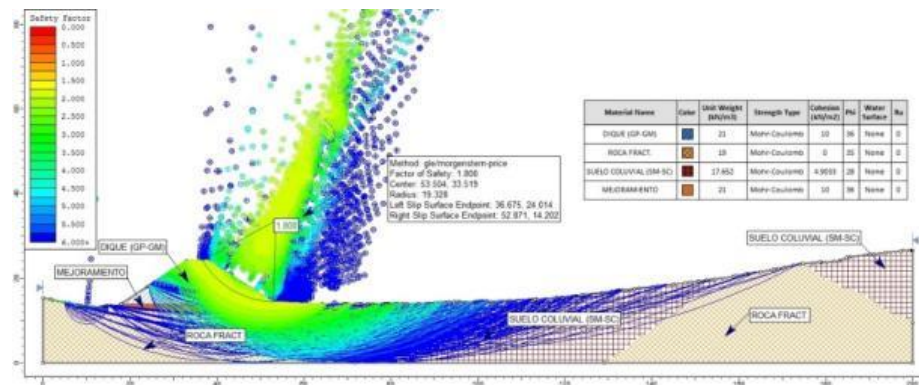


Figura N° 88: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.696$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

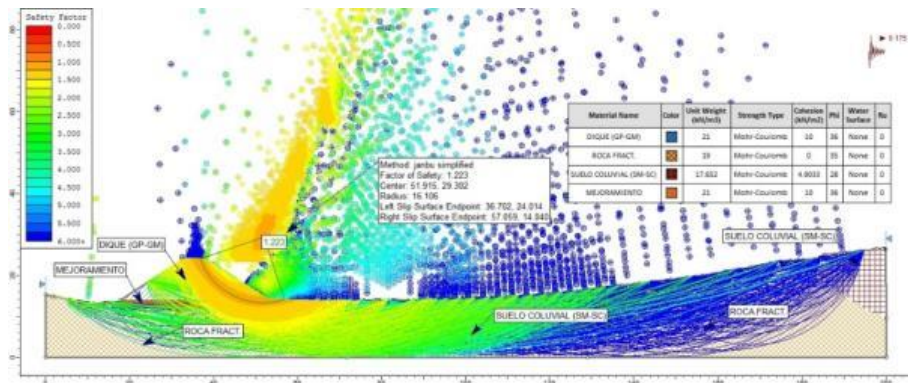


Figura N° 89: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.223$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

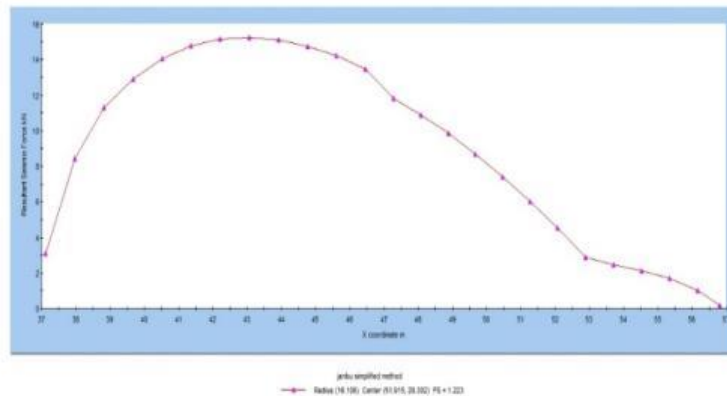


Figura N° 90: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

B) Para un nivel 4,810.729 m.s.n.m con volumen de Alm. de 16,945.02 m³
01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

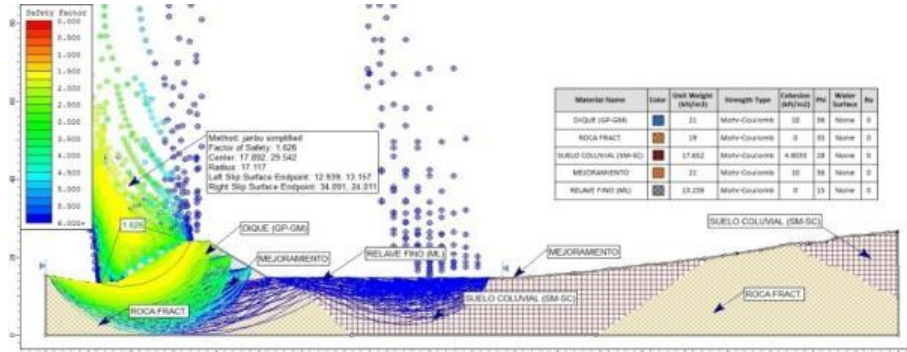


Figura N° 91: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

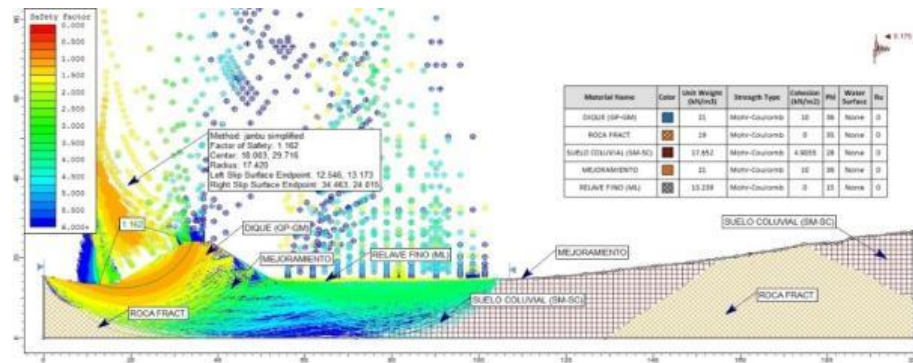


Figura N° 92: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

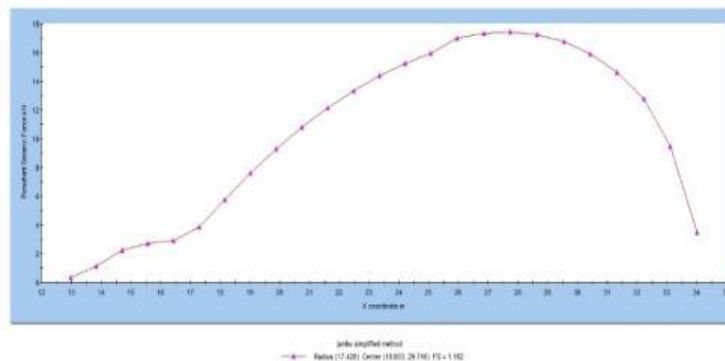


Figura N° 93: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

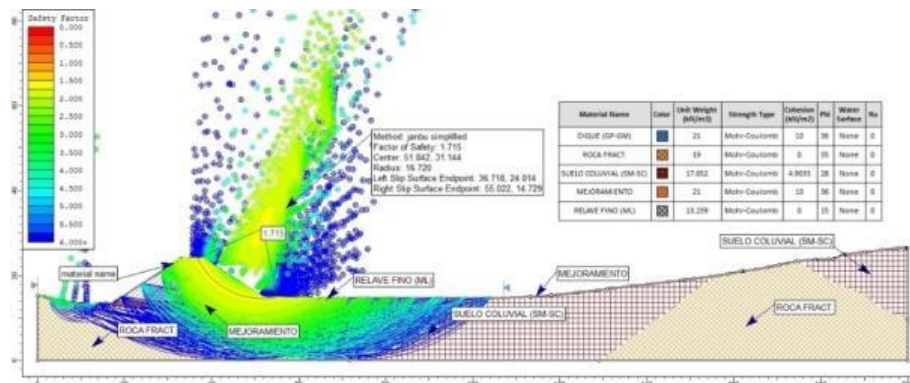


Figura N° 94: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.715$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

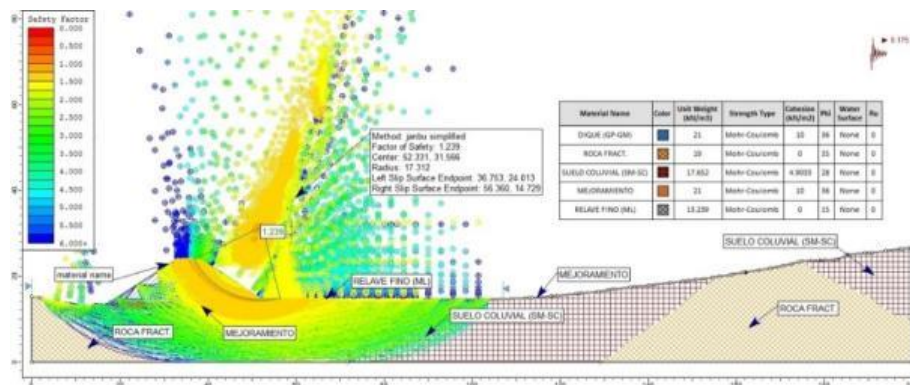


Figura N° 95: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.239$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

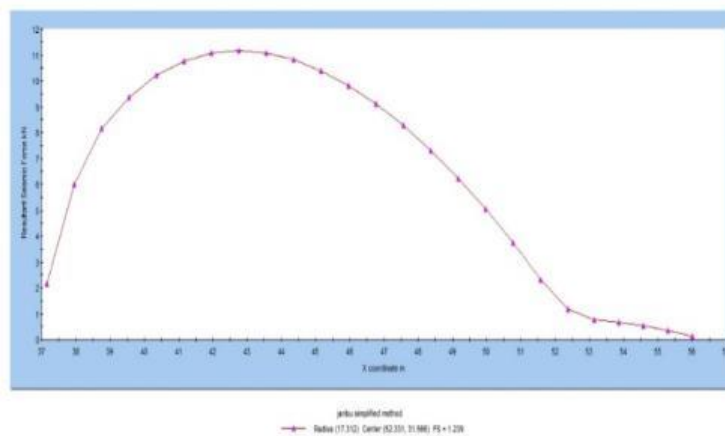


Figura N° 96: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

C) Para un nivel 4,811.503 m.s.n.m con volumen de Alm. de 34,930.48 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

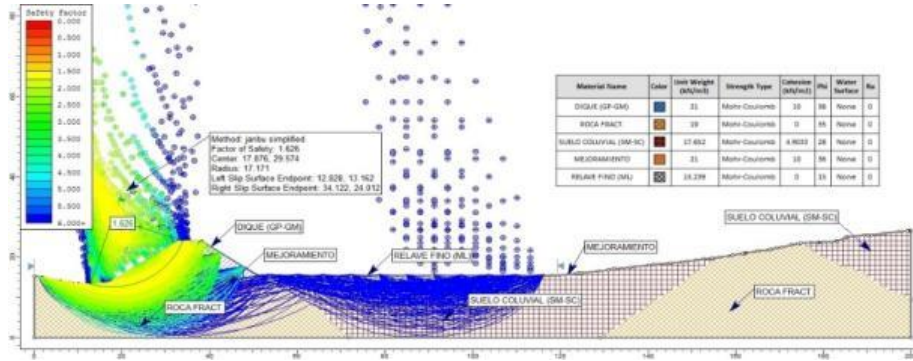


Figura N° 97: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

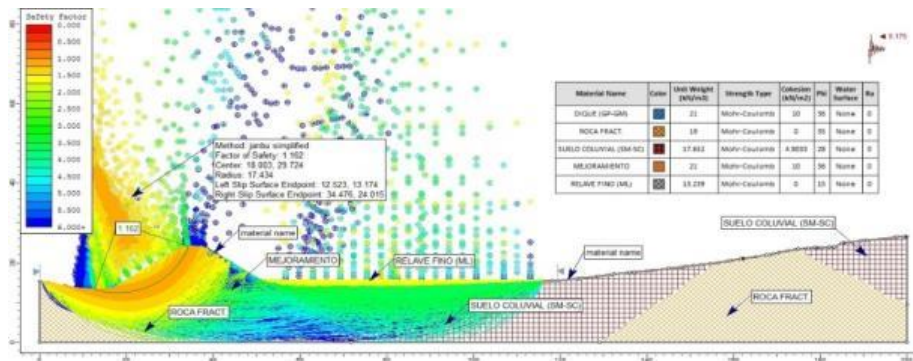


Figura N° 98: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

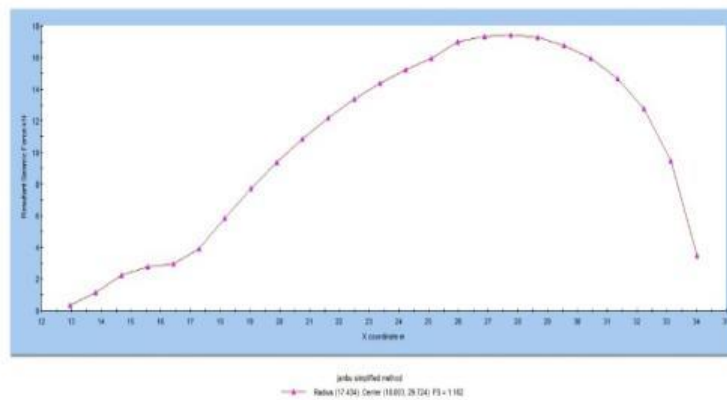


Figura N° 99: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

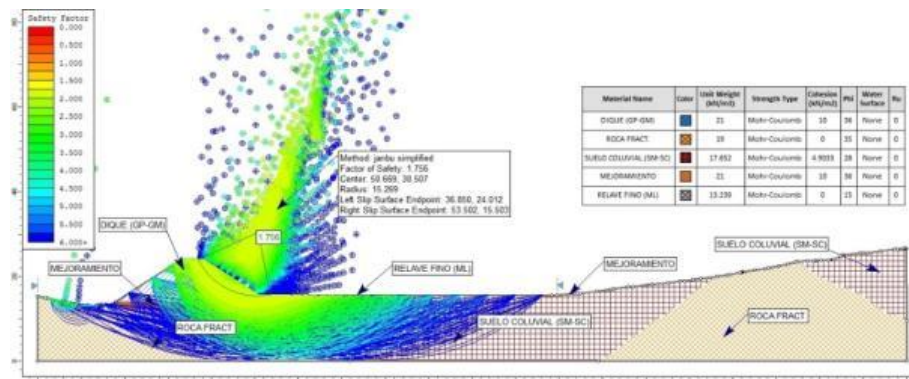


Figura N° 100: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.756$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

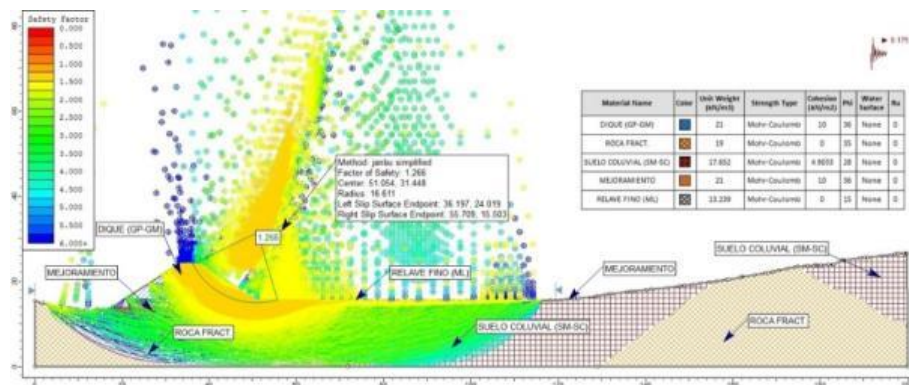


Figura N° 101: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.266$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

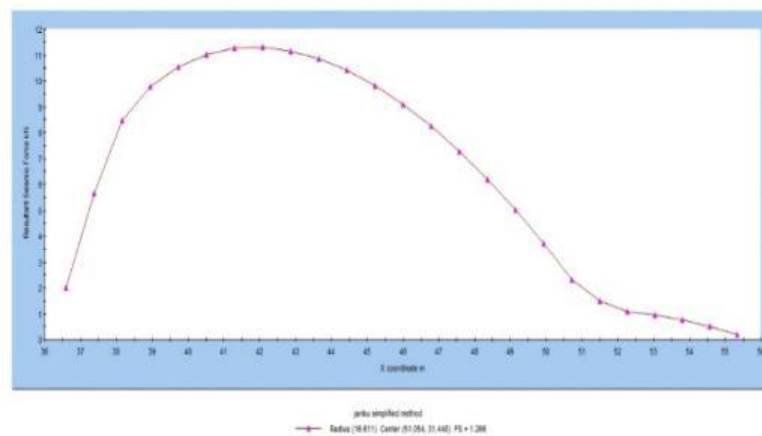


Figura N° 102: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

D) Para un nivel 4,814.869 m.s.n.m con volumen de Alm. de 113,168.33 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

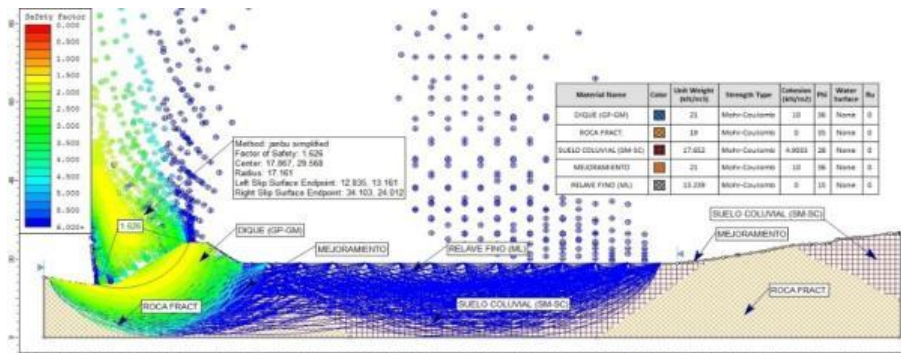


Figura N° 103: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

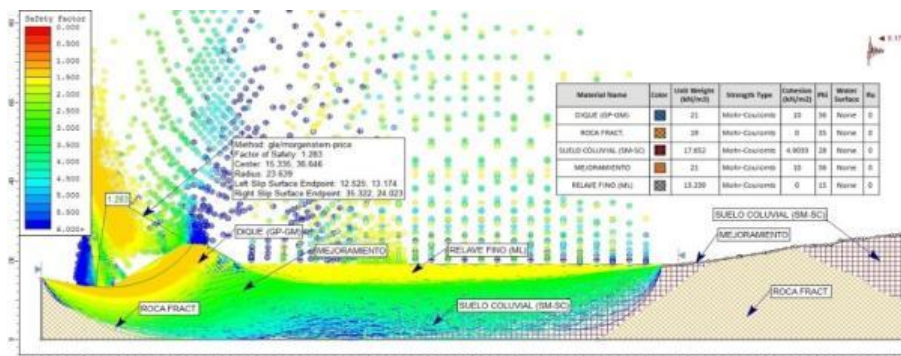


Figura N° 104: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

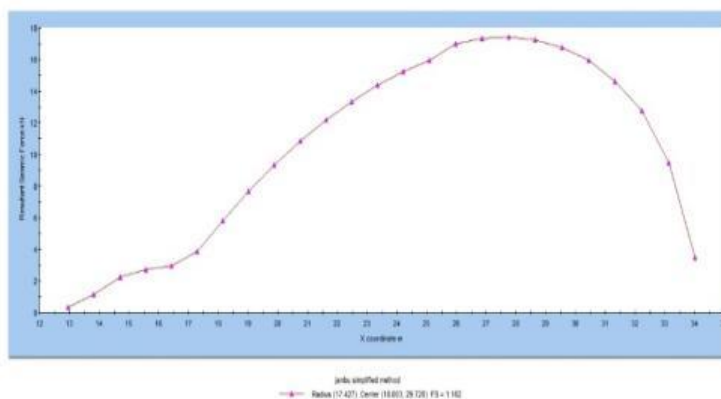


Figura N° 105: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

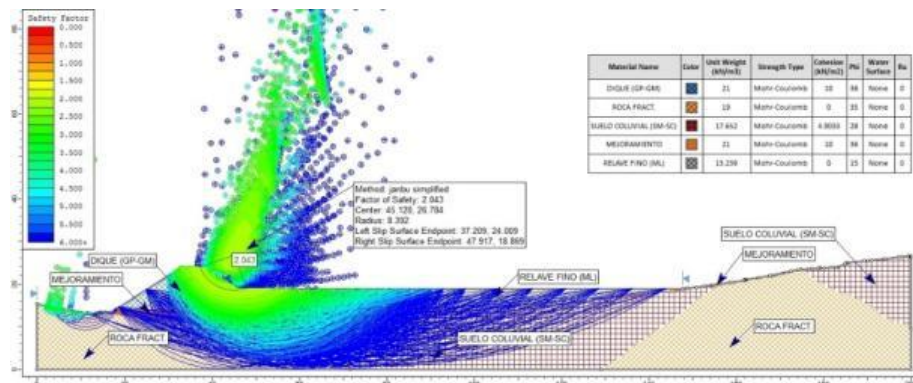


Figura N° 106: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.043$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

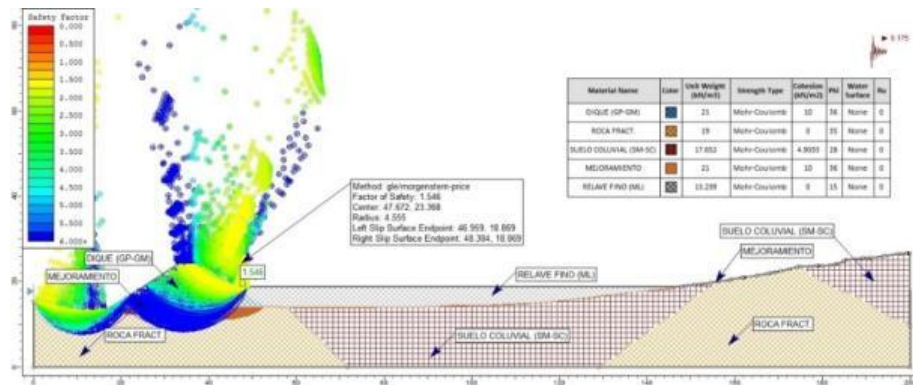


Figura N° 107: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.471$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

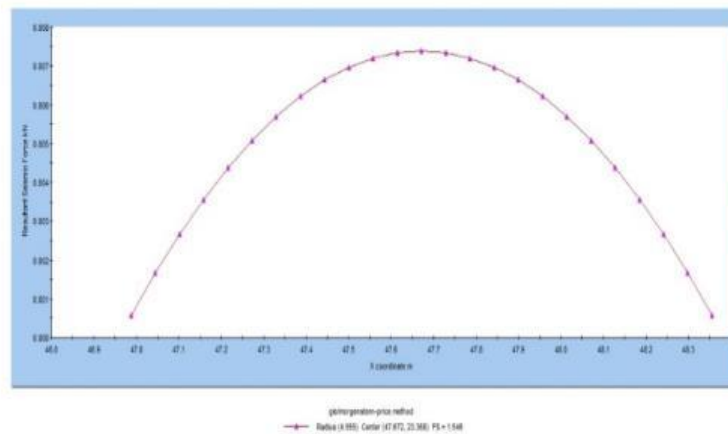


Figura N° 108: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

E) Para un nivel 4,818.236 m.s.n.m con volumen de Alm. de 191,406.45 m³
01.Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

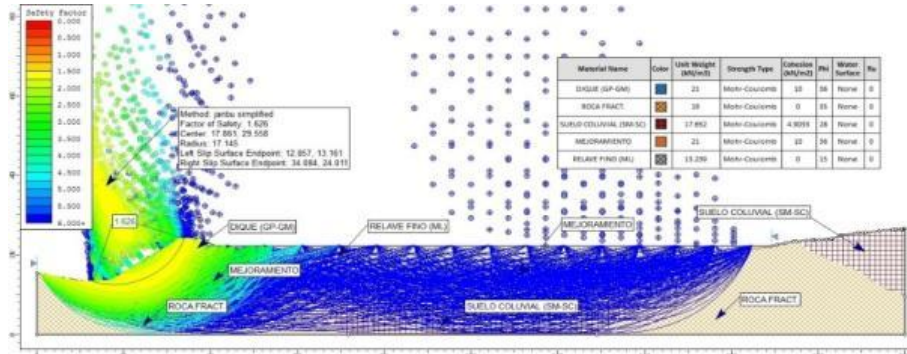


Figura N° 109: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

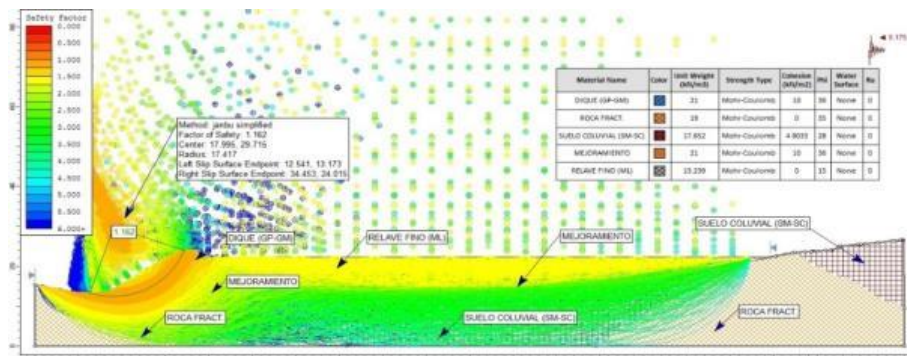


Figura N° 110: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

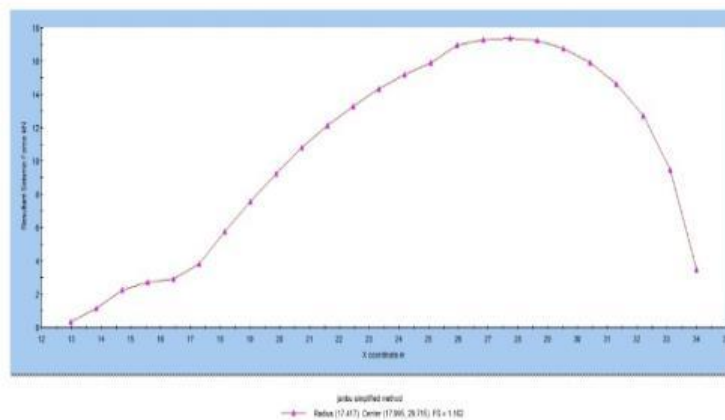


Figura N° 111: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

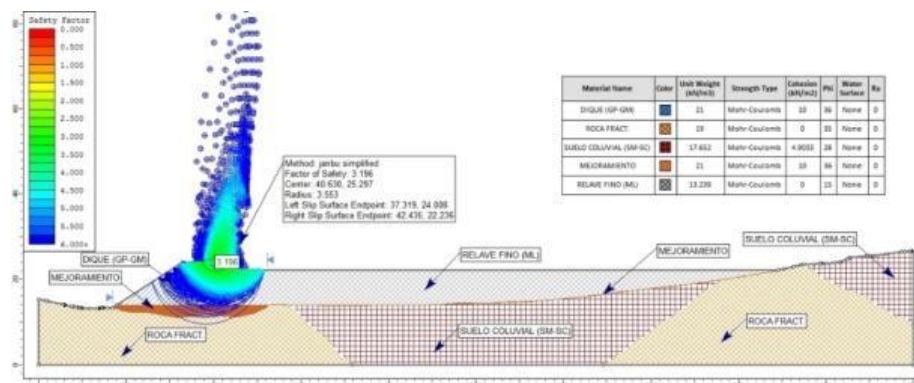


Figura N° 112: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

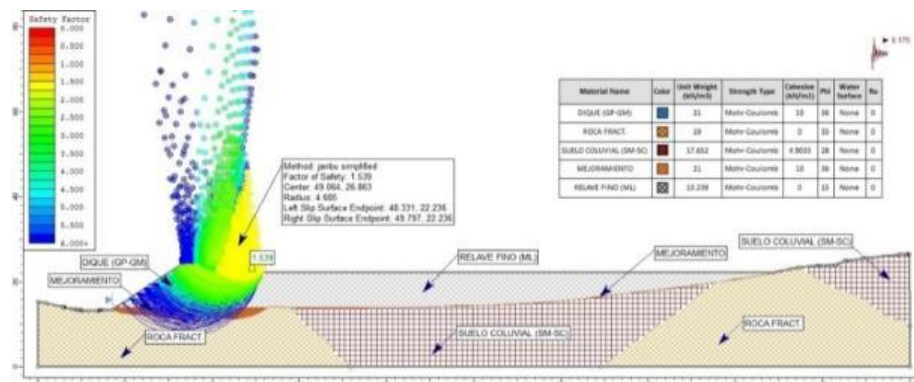


Figura N° 113: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

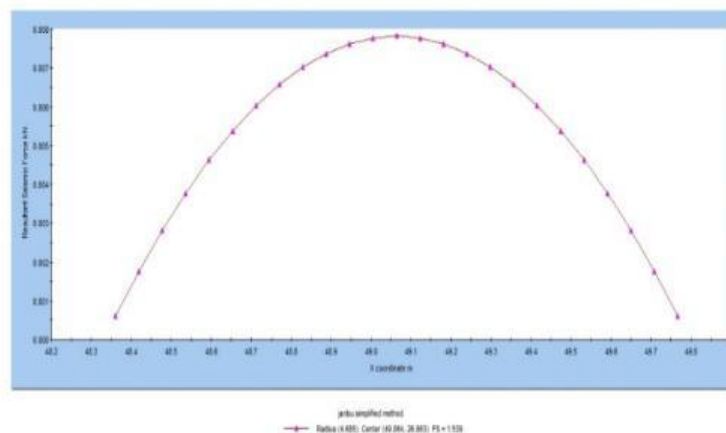


Figura N° 114: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

F) Para un nivel 4,819.000 m.s.n.m con volumen de Alm. de 209,168.20 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

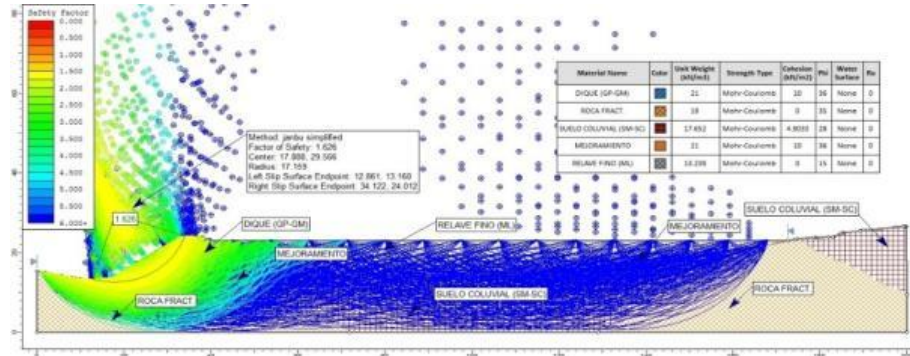


Figura N° 115: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.626$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

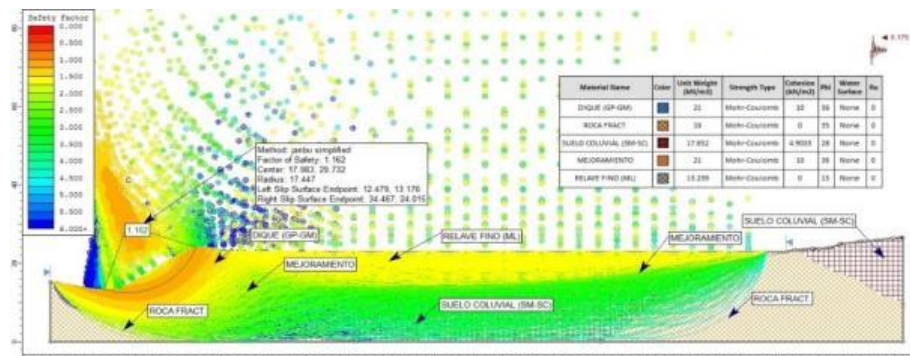


Figura N° 116: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.162$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

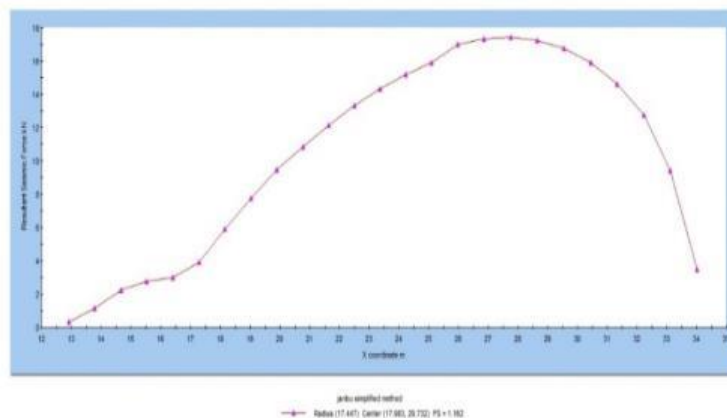


Figura N° 117: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

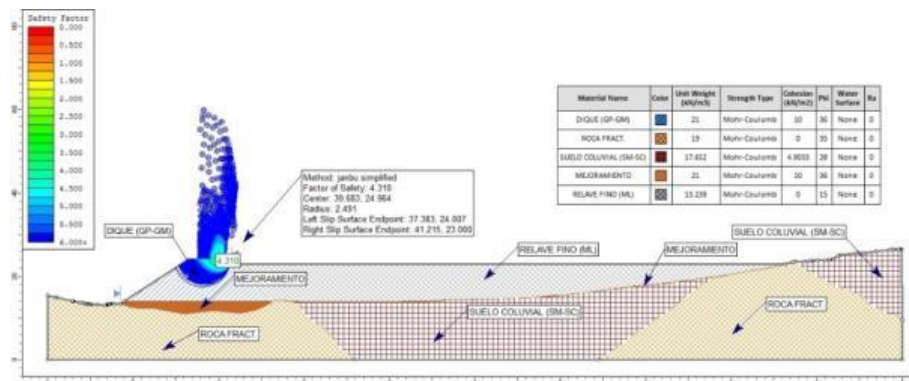


Figura N° 118: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.130$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

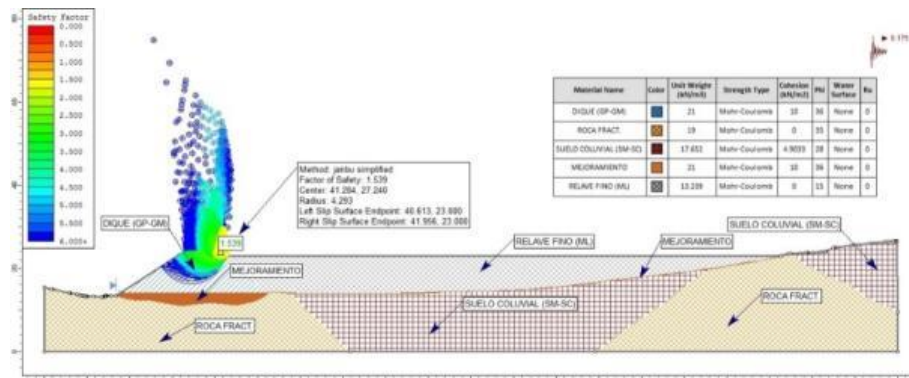


Figura N° 119: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

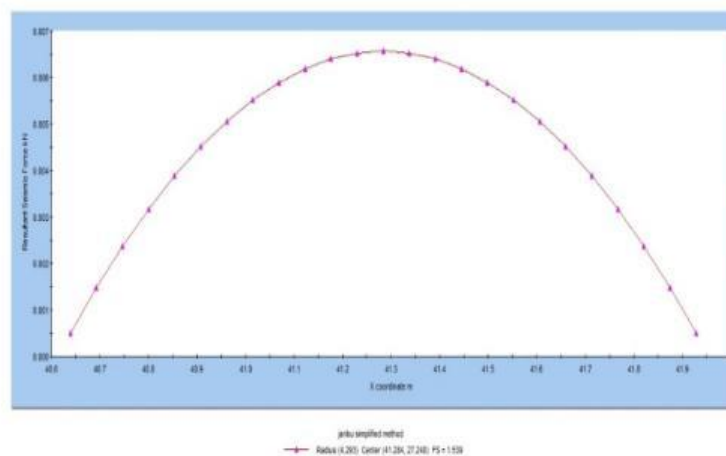


Figura N° 120: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

4.8.3. Sección “C-C” - DERECHA Ubicado en la progresiva 0+039.53 del eje del dique.

A) Para un nivel 4,810.000 m.s.n.m con volumen de Alm. de 0.00 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

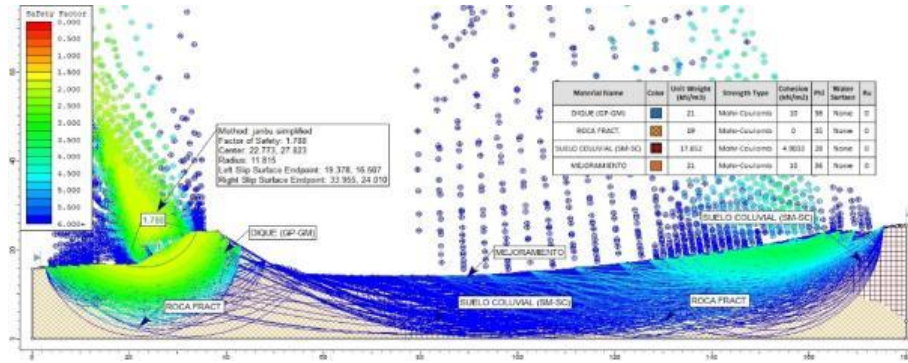


Figura N° 121: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

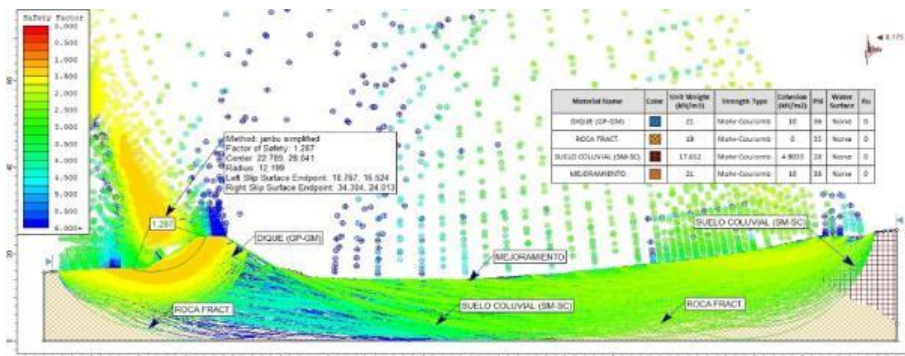


Figura N° 122: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

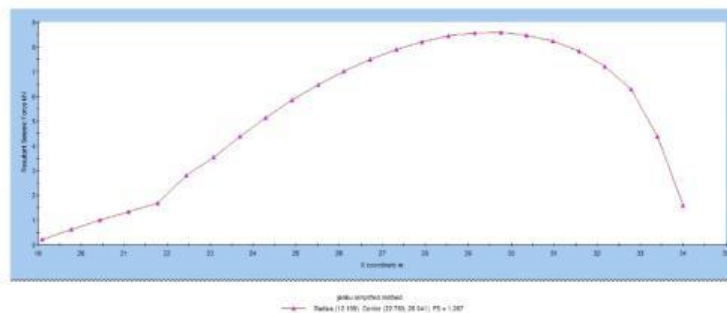


Figura N° 123: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

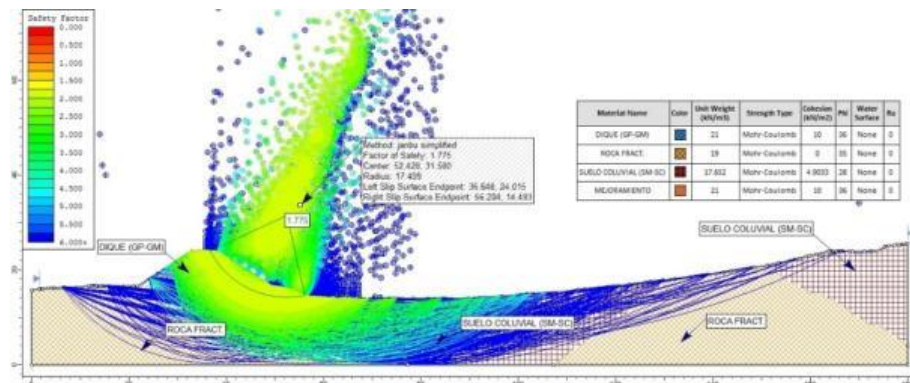


Figura N° 124: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.775$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

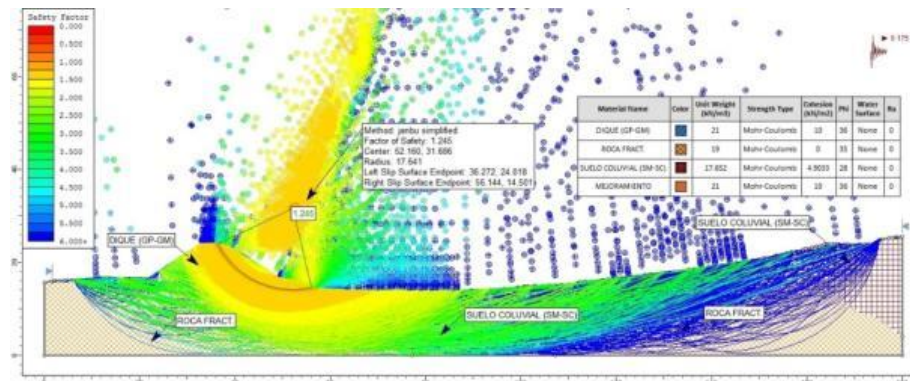


Figura N° 125: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.245$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

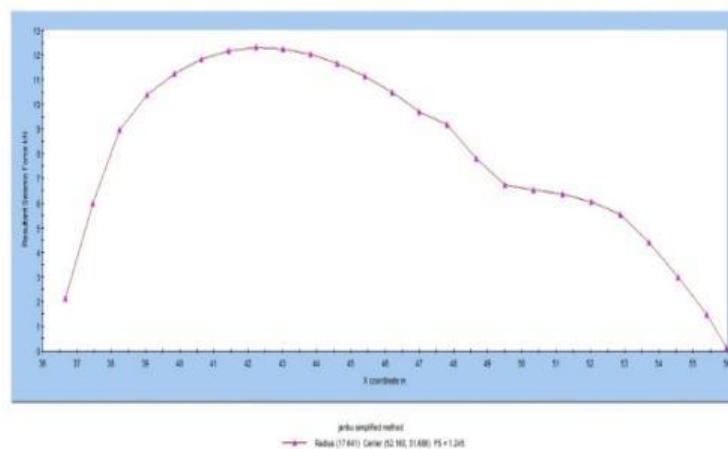


Figura N° 126: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

B) Para un nivel 4,810.729 m.s.n.m con volumen de Alm. de 16,945.02 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

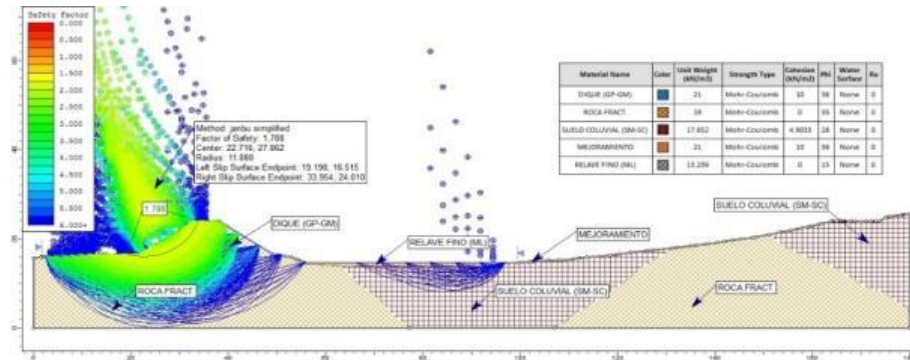


Figura N° 127: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

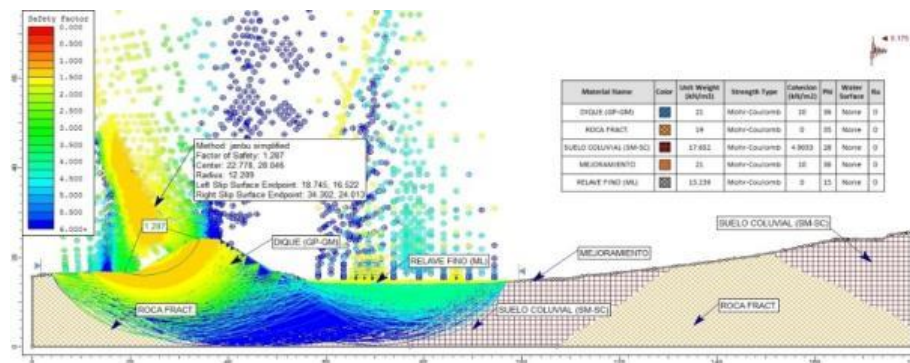


Figura N° 128: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

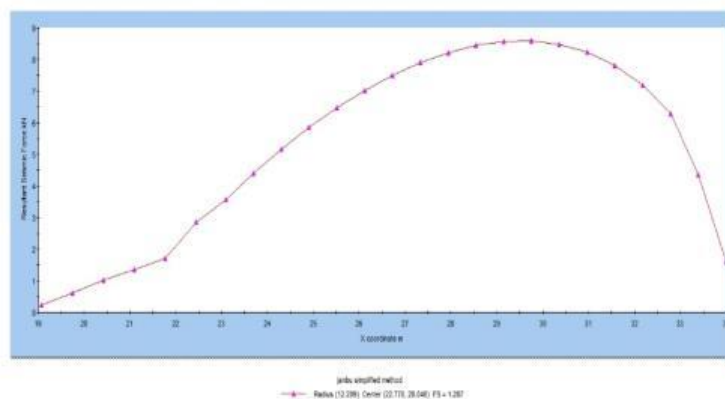


Figura N° 129: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

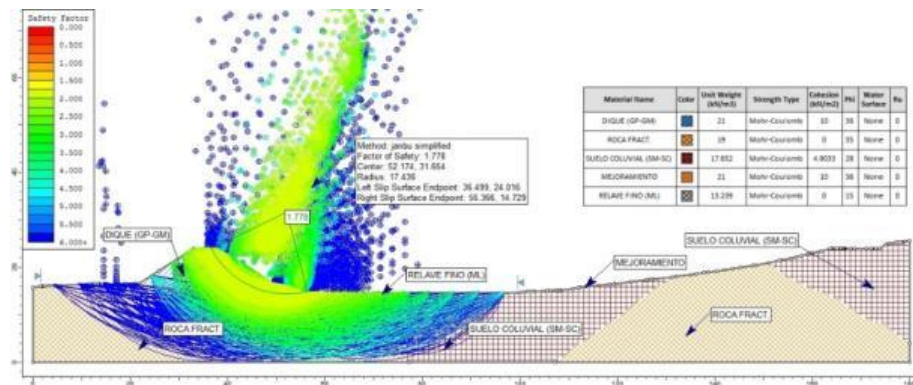


Figura N° 130: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.778$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

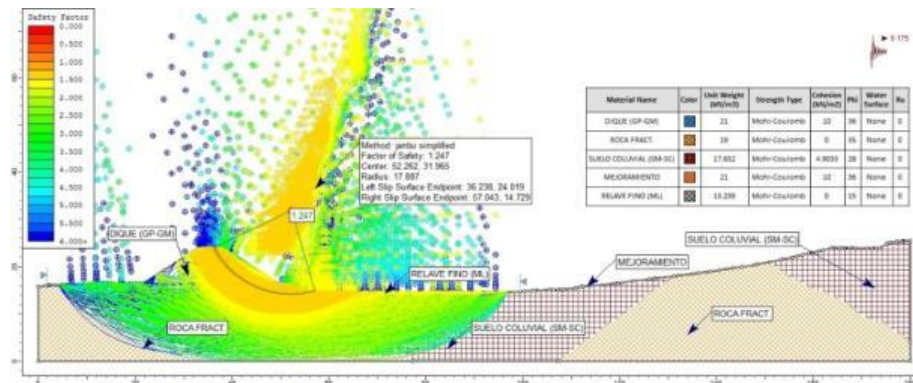


Figura N° 131: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.247$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

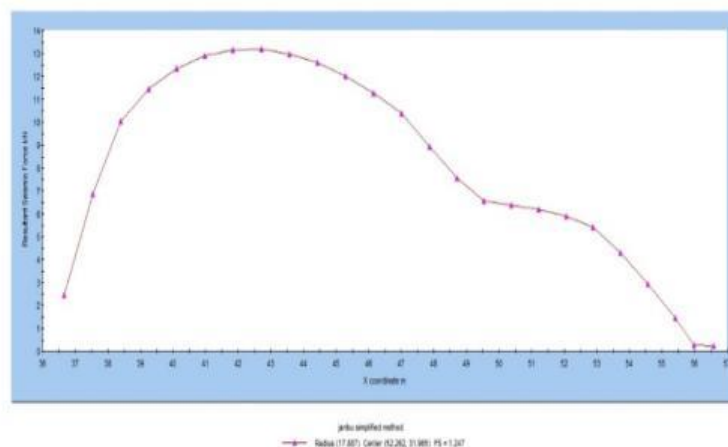


Figura N° 132: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4810.729 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

C) Para un nivel 4,811.503 m.s.n.m con volumen de Alm. de 34,930.48 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

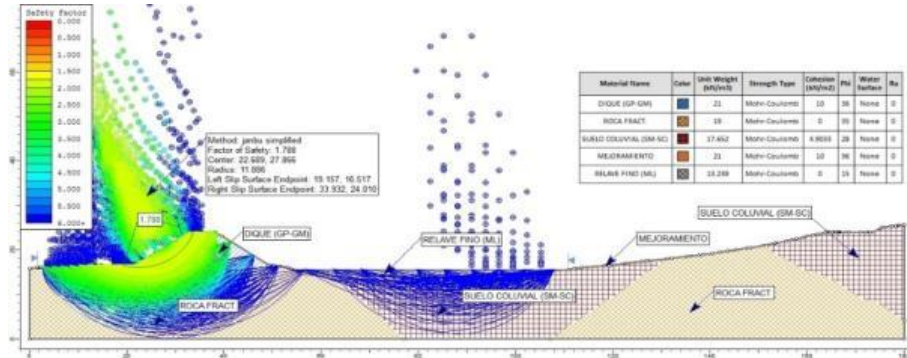


Figura N° 133: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

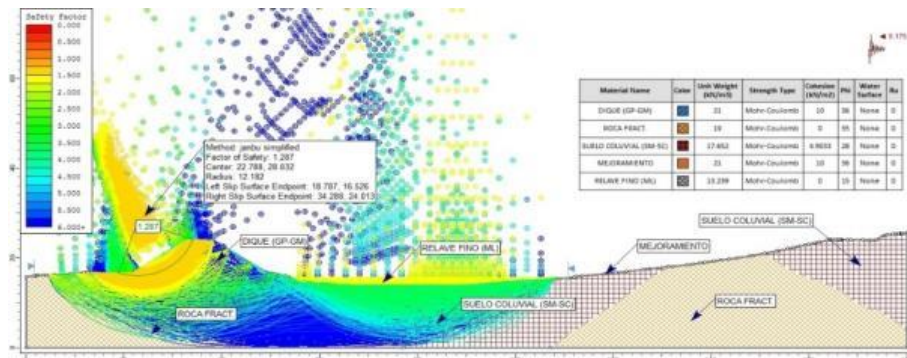


Figura N° 134: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

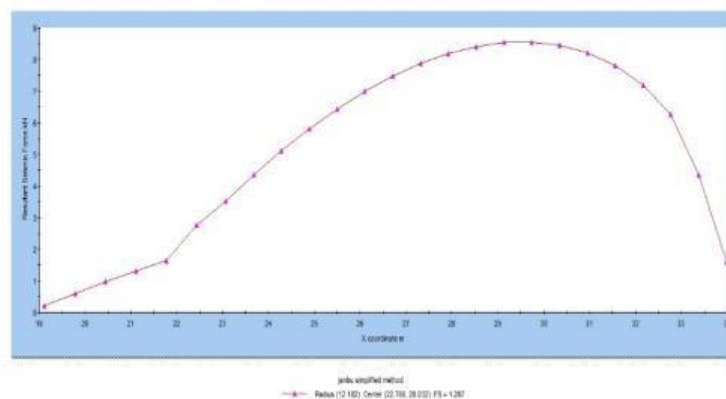


Figura N° 135: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

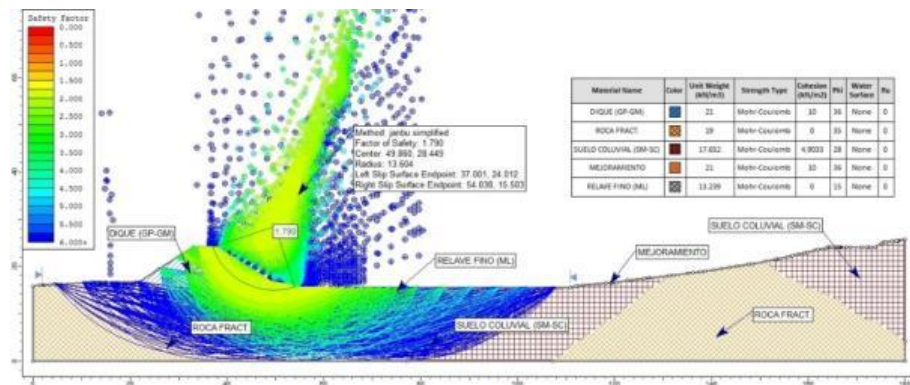


Figura N° 136: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.790$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

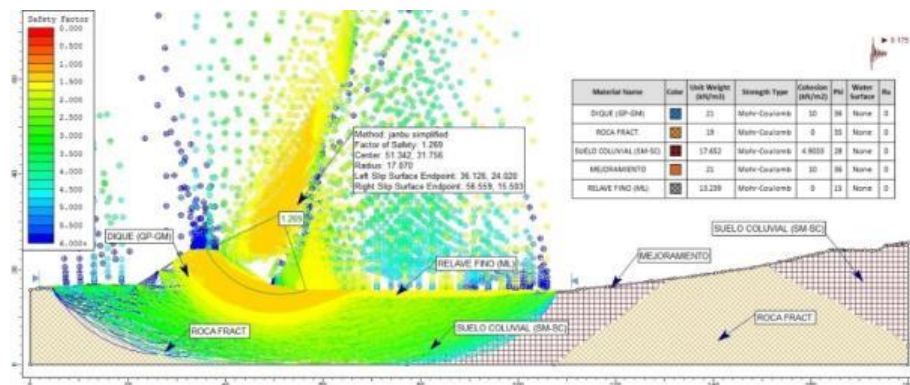


Figura N° 137: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.269$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

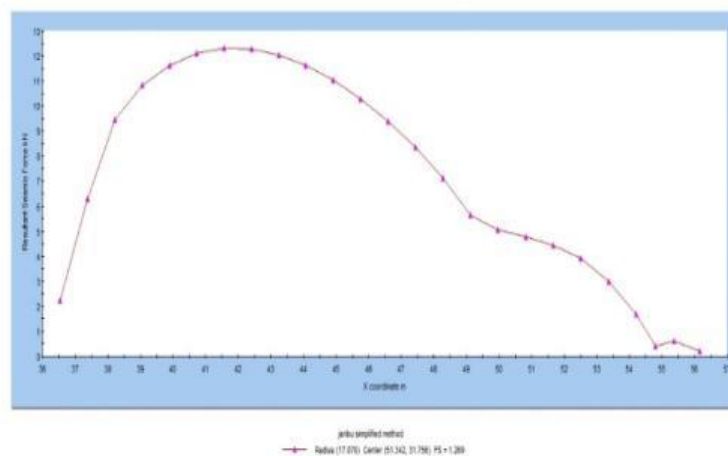


Figura N° 138: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

D) Para un nivel 4,814.869 m.s.n.m con volumen de Alm. de 113,168.33 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

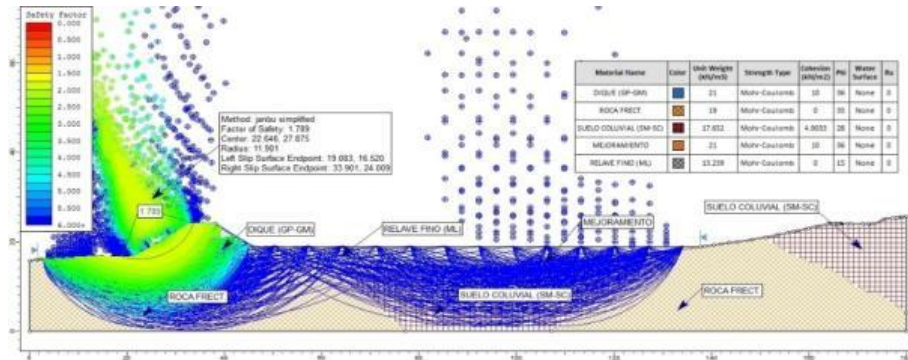


Figura N° 139: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.789$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

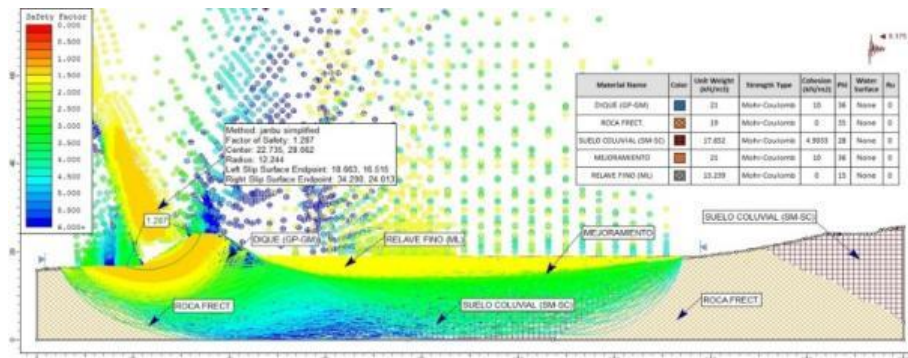


Figura N° 140: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

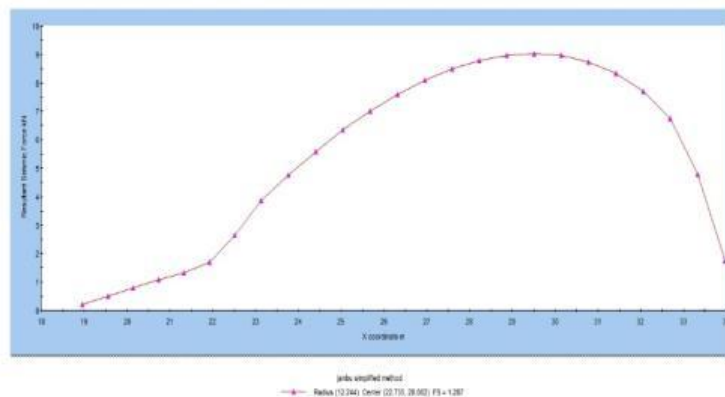


Figura N° 141: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.



Figura N° 142: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 2.043$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

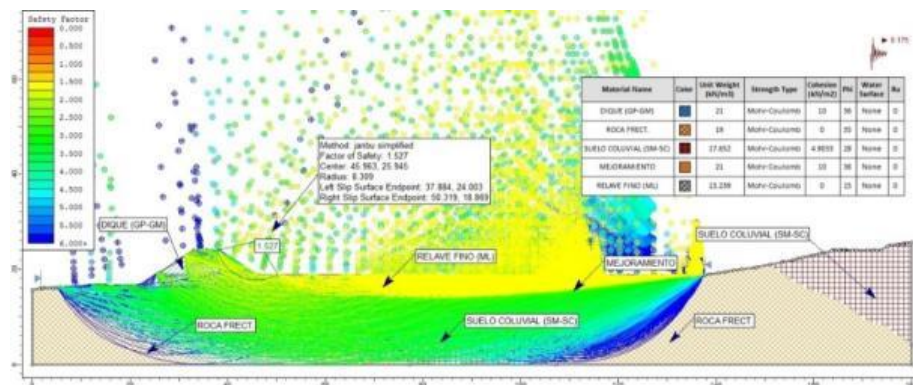


Figura N° 143: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4814.869 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.527$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

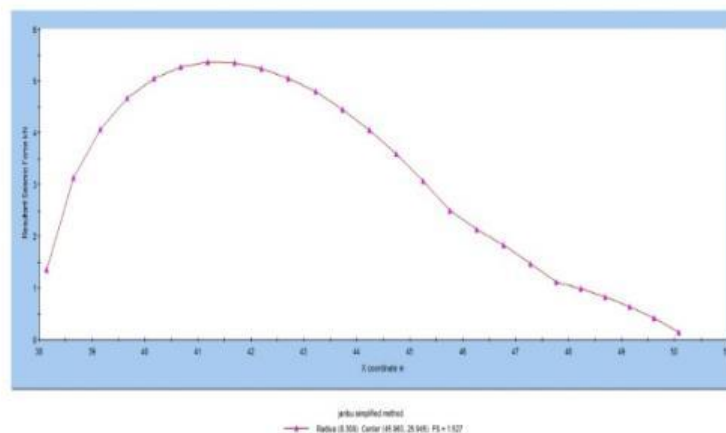


Figura N° 144: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4811.503 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

E) Para un nivel 4,818.236 m.s.n.m con volumen de Alm. de 191,406.45 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

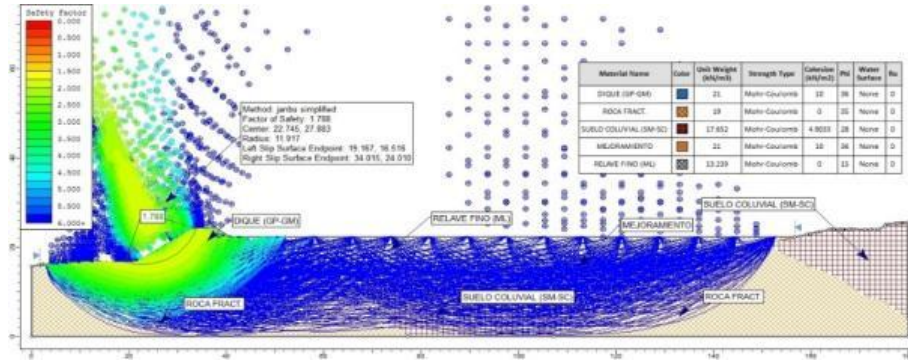


Figura N° 145: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

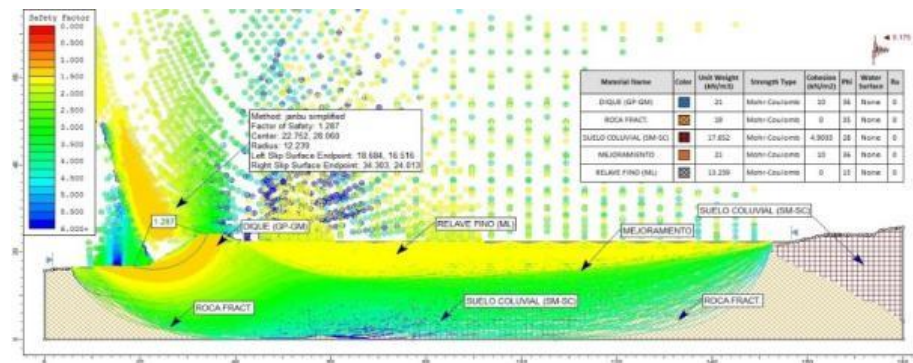


Figura N° 146: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

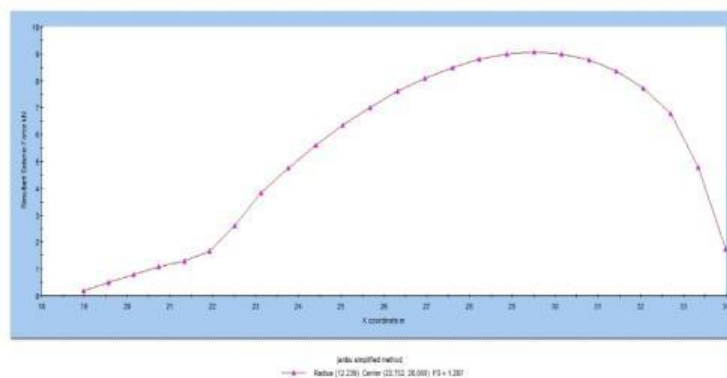


Figura N° 147: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

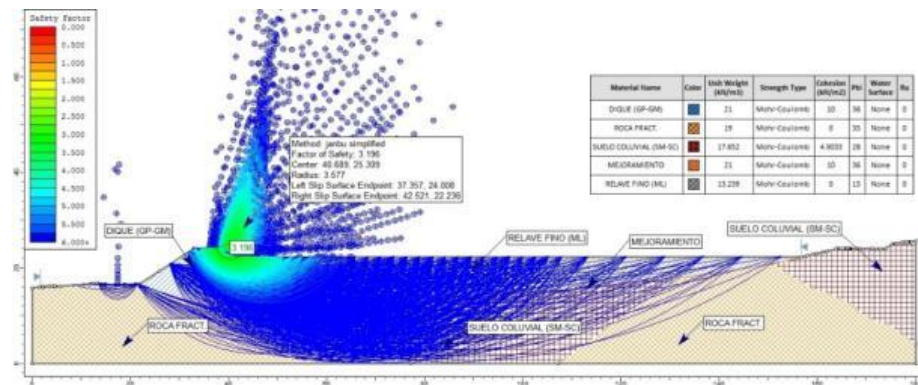


Figura N° 148: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 3.196$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

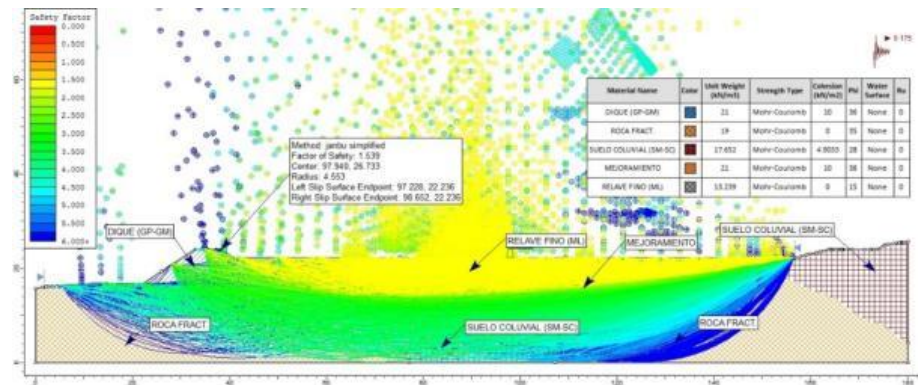


Figura N° 149: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

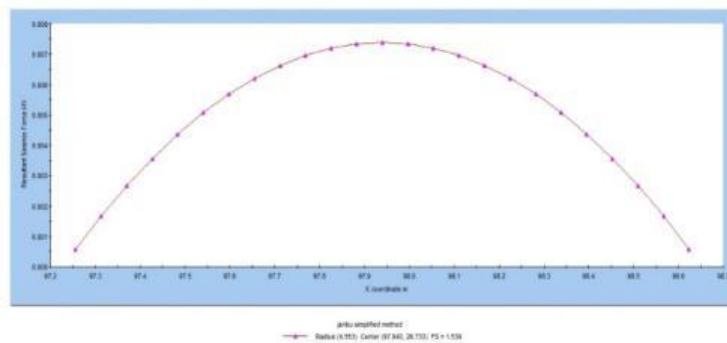


Figura N° 150: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4818.236 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

F) Para un nivel 4,819.000 m.s.n.m con volumen de Alm. de 209,168.20 m³

01. Talud de del lado de aguas abajo.

❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

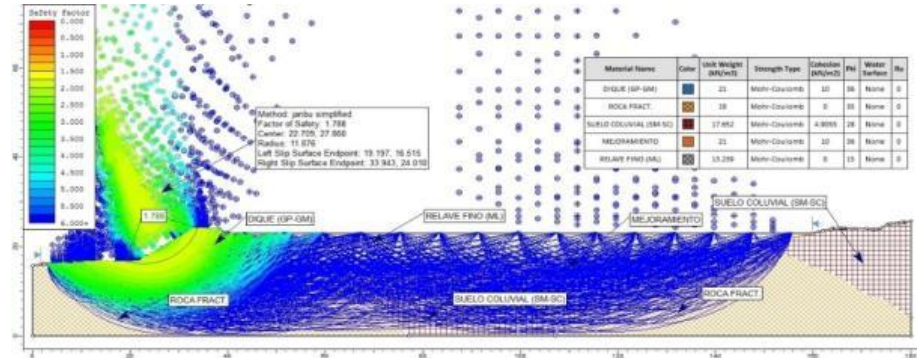


Figura N° 151: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.788$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

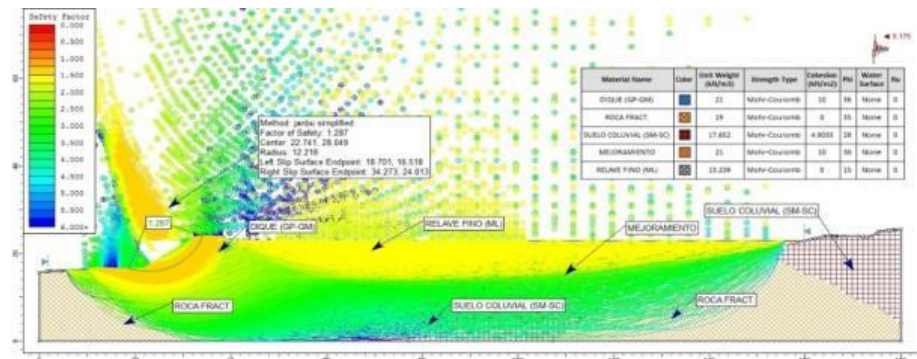


Figura N° 152: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.287$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

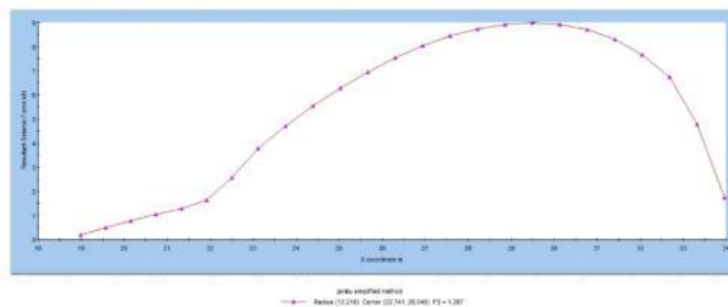


Figura N° 153: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

02. Talud de aguas arriba.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Estático.

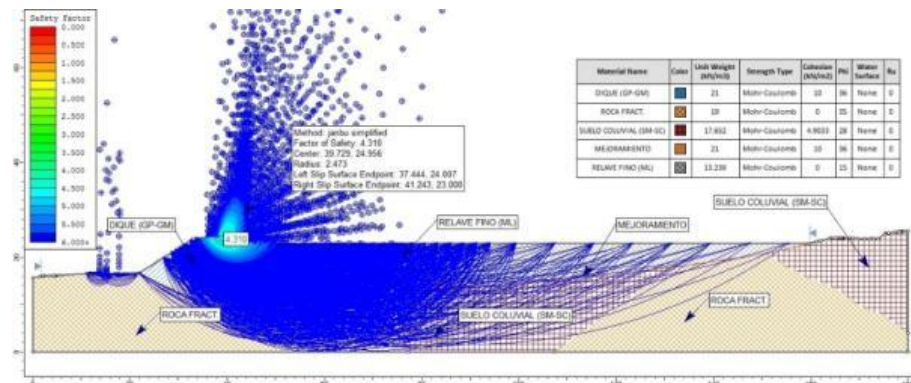


Figura N° 154: Análisis estático, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.00 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 4.310$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

- ❖ Análisis de estabilidad para condición Pseudo – Estático.

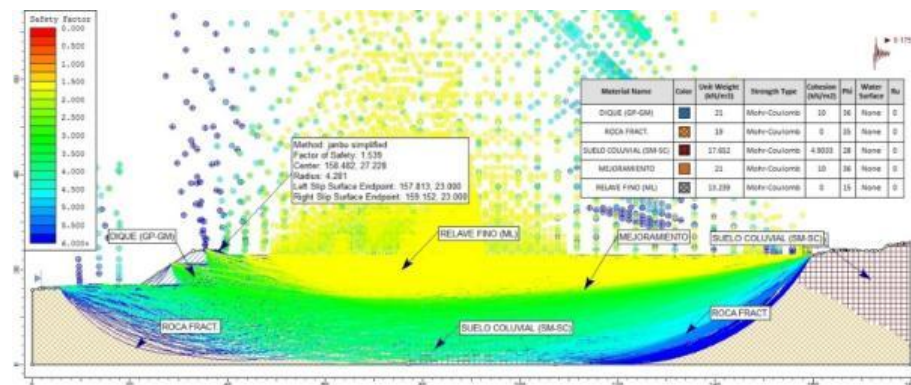


Figura N° 155: Análisis pseudo - estático, con aceleración sísmica 0.175g, se observa el círculo de falla, factor de seguridad a un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, $F_s = 1.539$, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

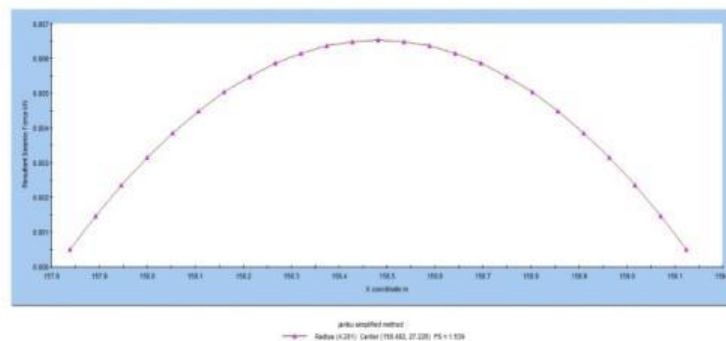


Figura N° 156: Se observa el diagrama de resultado sísmico de fuerza (kN), para un nivel de 4819.000 m.s.n.m., con el método Janbu Simplificado, Modelo SLIDE.

Fuente: Elaboración Propia.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1.GENERALIDADES.

San Antonio de Silver S.R.L, requiere la construcción de un depósito de relave “SANSIL” – Primera Etapa, año 2018, que permitirá almacenar un volumen de $209,168.20m^3$ de relave producido por la plata concentradora.

Es por ello que lo desarrollaron para un diseño necesario para que soporte el relave producido durante la producción de mineral de concentrado que se considera que la planta procesará 350.0 TMSD con un volumen de relave será de aproximadamente $233.00m^3$ /día, manteniendo el método de criterio aguas abajo desde la cota 4810.00 m.s.n.m. hasta la cota 4,820.00 m.s.n.m. teniendo una altura de máxima de 10.0 metros, con un borde libre de 1.0 metros, un ancho de corona de 5.30 metros con taludes aguas abajo y aguas arriba de 1.5:H; 1.0: V.

Se completará la impermeabilización del vaso del depósito de relave mediante la colocación de una geomembrana rugosa HDPE de 1.0 milímetros de espesor. El dique está compuesto de desmonte de mineral compactado (GP-GM). Teniendo como suelo de fundación roca fracturada caliza y suelo coluvial (SM-SC).

El análisis de la matriz de Leopold et al (1971), Evaluación de impacto ambiental, indica que el proyecto del depósito de relaves de la Minera “SANSIL” generará cambios moderados y los impactos serán leves, puntuales y temporales.

5.2.RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE.

5.2.1. Factores de seguridad obtenidos.

Los resultados de los análisis de estabilidad del dique del depósito de relaves de la Mina “SANSIL”, tanto en condiciones estáticas como sísmicas para el dique y el relave del embalse, son las que se presentan en las Tablas, que son :

a) Sección “A-A”

➤ En condición estática:

Tabla N° 34:

Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “A-A”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	2.299	4.667	2.290	4.655	2.137	4.310	2.289	4.648
4,818.236	2.229	3.462	2.290	3.453	2.137	3.196	2.289	3.449
4,814.869	2.229	2.225	2.291	2.218	2.137	2.070	2.289	2.215
4,811.503	2.299	1.884	2.290	1.876	2.137	1.763	2.289	1.876
4,810.729	2.299	1.838	2.289	1.828	2.137	1.721	2.289	1.830
4,810.000	2.300	1.824	2.291	1.816	2.137	1.685	2.290	1.816

Fuente: Elaboración Propia.

➤ En condiciones pseudo – estática:

Tabla N° 35:

Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “A-A”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	1.694	1.547	1.689	1.543	1.553	1.539	1.690	1.544
4,818.236	1.694	1.547	1.689	1.546	1.553	1.539	1.690	1.546
4,814.869	1.694	1.639	1.689	1.634	1.553	1.503	1.690	1.636
4,811.503	1.694	1.383	1.689	1.380	1.553	1.277	1.690	1.384
4,810.729	1.694	1.347	1.689	1.344	1.553	1.247	1.690	1.344
4,810.000	1.694	1.337	1.689	1.334	1.553	1.202	1.691	1.336

Fuente: Elaboración Propia.

b) Sección “B-B”

➤ En condición estática:

Tabla N° 36:

Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “B-B”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	1.763	4.667	1.757	4.655	1.626	4.130	1.755	4.648
4,818.236	1.763	3.465	1.757	3.453	1.626	3.196	1.755	3.449
4,814.869	1.763	2.208	1.757	2.196	1.626	2.043	1.755	2.198
4,811.503	1.763	1.882	1.757	1.874	1.626	1.756	1.755	1.874
4,810.729	1.763	1.836	1.757	1.828	1.626	1.715	1.755	1.828
4,810.000	1.764	1.809	1.757	1.800	1.626	1.696	1.756	1.799

Fuente: Elaboración Propia.

- En condiciones pseudo – estática:

Tabla N° 37:

Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “B-B”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	1.284	1.547	1.283	1.546	1.162	1.539	1.283	1.546
4,818.236	1.284	1.547	1.283	1.546	1.162	1.539	1.283	1.546
4,814.869	1.284	1.547	1.283	1.546	1.162	1.471	1.283	1.546
4,811.503	1.284	1.370	1.283	1.366	1.162	1.266	1.283	1.366
4,810.729	1.284	1.337	1.283	1.335	1.162	1.239	1.283	1.334
4,810.000	1.284	1.325	1.283	1.322	1.162	1.223	1.283	1.322

Fuente: Elaboración Propia.

c) Sección “C-C”

- En condición estática:

Tabla N° 38:

Factores de seguridad obtenida, condición estática de la sección “C-C”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	1.937	4.666	1.928	4.655	1.788	4.310	1.927	4.648
4,818.236	1.937	3.465	1.928	3.453	1.788	3.196	1.927	3.449
4,814.869	1.937	2.208	1.928	2.196	1.789	2.043	1.926	2.198
4,811.503	1.937	1.928	1.928	1.923	1.788	1.790	1.927	1.920
4,810.729	1.937	1.903	1.928	1.898	1.788	1.778	1.927	1.897
4,810.000	1.937	1.901	1.928	1.893	1.788	1.775	1.927	1.893

Fuente: Elaboración Propia.

- En condiciones pseudo – estática:

Tabla N° 39:

Factores de seguridad obtenida, condición pseudo-estática de la sección “C-C”.

Nivel de Relave	Bishop Simp.		GLE/Margenstern		Janbu Simp.		Spencer	
	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba	Aguas Abajo	Agua Arriba
4,819.000	1.419	1.547	1.418	1.544	1.287	1.539	1.417	1.543
4,818.236	1.419	1.547	1.419	1.544	1.287	1.539	1.416	1.544
4,814.869	1.419	1.547	1.419	1.542	1.287	1.527	1.416	1.542
4,811.503	1.419	1.377	1.419	1.375	1.287	1.269	1.416	1.376
4,810.729	1.419	1.347	1.418	1.347	1.287	1.247	1.416	1.349
4,810.000	1.419	1.345	1.419	1.344	1.287	1.245	1.416	1.345

Fuente: Elaboración Propia.

5.2.2. Comparación con los factores de seguridad mínimos requeridos.

Los resultados obtenidos del análisis de estabilidad del dique del depósito de relaves para la Mina “SANSIL”, indican que, para la configuración actual, el depósito según los volúmenes de almacenamiento de capas de relaves se presenta :

- ✓ Factor de seguridad de **1.685**, para **condiciones estáticas** en la sección “A-A”, para aguas arriba, y el factor de seguridad de **1.626**, para **condición estática** en la sección “B-B”, para aguas abajo y el factor de seguridad de **1.775**, para **condición estática** en la sección “C-C”, para aguas arriba, es decir se obtuvo un valor del factor de seguridad para condiciones estáticas, por encima del mínimo recomendado (1.5).
- ✓ Factor de seguridad de **1.202**, aplicado carga sísmica (factor de seguridad pseudo-estático) en la sección “A-A”, para aguas arriba, y el factor de seguridad de **1.162**, aplicando **carga sísmica** (factor de seguridad pseudo-estático) en la sección “B-B”, para aguas abajo y el factor de seguridad de **1.245**, aplicado carga sísmica (factor de seguridad pseudo-estático) en la sección “C-C”, para aguas arriba, dicho resultado es mayor que (1.0), que es el valor mínimo requerido para condiciones pseudo-estáticas.

5.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Para el análisis de sensibilidad de la estabilidad del dique, se hace uso de los datos más cercanos al depósito de relave, es decir, los que comprenden a los ejes de 0+039.53, 0+063.02 y 0+086.51. como también el volumen que ingresa al depósito.

Ver en el **Anexo N° 05**, la comprobación individual de las hipótesis de la investigación mediante la correlación de **estadística de Pearson**.

5.3.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

5.3.1.1. HIPÓTESIS GENERAL.

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis general (**HG.**).

HG.: El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El análisis de estabilidad del dique no genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ha.: El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística del F Fisher**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N°40**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

Tabla N° 40:

Resultados correlación hipótesis general.

Resumen del método						
Método	R	R cuadrado ^b	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación		
1	,943 ^a	,889	,885	,75683		
a. Predictores: Posición, Tipo, Balance, Método, Volumen (en log)						
b. Para la regresión a través del origen (el método sin intersección), R cuadrado mide la proporción de la variabilidad en la variable dependiente sobre el origen explicado por la regresión. Esto NO SE PUEDE comparar con el R cuadrado para los métodos que incluyen intersección.						
ANOVA^{a,b}						
Método		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	634,879	5	126,976	221,680	,000 ^c
	Residuo	79,618	139	,573		
	Total	714,497 ^d	144			
a. Variable dependiente: Factor de seguridad						
b. Regresión lineal a través del origen						
c. Predictores: Posición, Tipo, Balance, Método, Volumen (en log)						
d. Esta suma total de cuadrados no está corregida para la constante porque la constante es cero para la regresión a través del origen.						

Fuente: Elaboración Propia.

Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de Sig. de la prueba de **Fisher** no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de Sig. < 0.05 , se rechaza la H_0 .

Valor crítico de Sig. > 0.05 , no se rechaza la H_0 .

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación de Fisher, se tiene la correlación mediante la **Estadística del coeficiente de correlación múltiple (R) positiva considerable** de un 0.943 entre el Factor de seguridad y las demás variables. Además, se precisa un nivel de confianza de 88.9% de la variación en el Factor de seguridad se encuentra explicada por todas las variables en su conjunto según el coeficiente de determinación (R^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HG.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HG. se acredita como verdadera, demostrando que El análisis de estabilidad del dique genera resultados para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

5.3.1.2.HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1.

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis general (**HG.**).

HG.: El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El método de equilibrio limite no favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ha.: El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba. El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística del t Student**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N°41**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

Tabla N° 41:

Resultados correlación método de equilibrio.

Coeficientes ^{a,b}						
Método	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	
	B	Desv. Error	Beta			
1	Método	,208	,048	,256	4,346	,000
	Tipo	-,916	,123	-,291	-7,473	,000
	Balance	,132	,022	,337	6,010	,000
	Volumen (en log)	,055	,017	,255	3,164	,002
	Posición	,379	,063	,367	6,003	,000
a. Variable dependiente: Factor de seguridad						
b. Regresión lineal a través del origen						

Fuente: Elaboración Propia.

Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de t de la prueba de Student no debe superar el valor crítico de 2.04, además la probabilidad asociada a este valor no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de $t > 2.04$ se rechaza la H_0 .

Valor crítico de $t < 2.04$, no se rechaza la H_0 .

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Para el caso, se tiene que el nivel del estadístico t es 4.346, superior a 2.04, de la misma manera que el valor de la significancia o probabilidad asociada a la variable método en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HG.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HG. se acredita como verdadera, demostrando que El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

5.3.1.3.HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2.

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis general (HG.).

HG.: El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El volumen de almacenamiento no influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ha.: El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística del t Student**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N°42**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

Tabla N° 42: Resultados correlación volumen.

Coeficientes ^{a,b}						
Método	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.	
	B	Desv. Error	Beta			
1	Método	,208	,048	,256	4,346	,000
	Tipo	-,916	,123	-,291	-7,473	,000
	Balance	,132	,022	,337	6,010	,000
	Volumen (en log)	,055	,017	,255	3,164	,002
	Posición	,379	,063	,367	6,003	,000
a. Variable dependiente: Factor de seguridad						
b. Regresión lineal a través del origen						

Fuente: Elaboración Propia.

Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de t de la prueba de Student no debe superar el valor crítico de 2.04, además la probabilidad asociada a este valor no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de $t > 2.04$ se rechaza la H_0 .

Valor crítico de $t < 2.04$, no se rechaza la H_0 .

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Para el caso, se tiene que el nivel del estadístico t es 3.164, superior a 2.04, de la misma manera que el valor de la significancia o probabilidad asociada a la variable volumen en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HG.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HG. se acredita como verdadera, demostrando que El volumen de almacenamiento produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

5.3.1.4.HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3.

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis general (**HG.**).

HG.: El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ha.: El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística del t Student**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N°43**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

Tabla N° 43: Resultados correlación balance de agua.

Coeficientes ^{a,b}						
Método		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Desv. Error	Beta		
1	Método	,208	,048	,256	4,346	,000
	Tipo	-,916	,123	-,291	-7,473	,000
	Balance	,132	,022	,337	6,010	,000
	Volumen (en log)	,055	,017	,255	3,164	,002
	Posición	,379	,063	,367	6,003	,000
a. Variable dependiente: Factor de seguridad						
b. Regresión lineal a través del origen						

Fuente: Elaboración Propia.

Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de t de la prueba de Student no debe superar el valor crítico de 2.04, además la probabilidad asociada a este valor no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de $t > 2.04$ se rechaza la H_0 .

Valor crítico de $t < 2.04$, no se rechaza la H_0 .

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Para el caso, se tiene que el nivel del estadístico t es 6.010, superior a 2.04, de la misma manera que el valor de la significancia o probabilidad asociada a la variable volumen en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HG.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HG. se acredita como verdadera, demostrando que El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

5.4.DISCUSIÓN.

- ✓ Existen diferentes teorías y métodos para calcular el factor de seguridad, utilizándose el método de equilibrio límite, basados en el principio de las dovelas o tajadas, donde el factor de seguridad "FS", determina la estabilidad o inestabilidad del dique de la presa, es decir, si $F_s=1,5$ para flujo de agua establecido, con depósito parcialmente, la presa es estable .

Los resultados de "Fs" por el método Janbu Simplificado son menores respecto de Bishop Simplificado , Spencer y GLE/Morgenstern para diferentes condiciones, se debe que el primer método utilizó del equilibrio de fuerzas, superficie de falla es circular, asume que todas las fuerzas de cortante entre dovelas es cero, sin embargo utiliza un factor de corrección F° para tener en cuenta posible error, mientras los métodos Bishop y Spencer no utilizan este factor de corrección, por lo que el factor de seguridad son bajos. De los resultados se menciona para la progresiva 0+086.51 y 0+063.02 en secciones de "A-A" y "B-B": aguas arriba y aguas abajo, del depósito de relave para el dique vacío sin sismo (1.626), presa el depósito de relave para el dique llena con sismo (1.202). Se muestra detalladamente en el ítem: **5.2 resultados de los análisis de estabilidad del dique.**

- ✓ Los resultados de los factores de seguridad "Fs", obtenidos de la modelación del dique para diferentes condiciones, deben ser mayores que los parámetros mínimos establecidos por CDA (Manejo de Riesgo Revisión de Seguridad de Presas.), publicado por OSINERGMIN, también se tiene diferentes teorías y experiencia profesional en definir el factor de seguridad mínimo establecido para condiciones de análisis estáticas y pseudo-estáticas que se aplican a presas de enrocado y tierra, como establece por la US Corps of Engineers.
- ✓ La metodología que se aplicó para el cálculo de balance de aguas está estrictamente relacionada con la producción de concentrado de

mineral, volumen de relave, la precipitación, temperatura, evaporación, etc., esto implica que los datos obtenidos para esta investigación varían durante su operación del depósito de relave, esto implica realizar un monitoreo constante para evitar la inestabilidad del dique. Como también hay otros tipos de métodos para realizar un monitoreo más riguroso como puede ser el hidrociclón esto sería por razones económicas ya que el dique de relave se fortalecería gradualmente al ritmo de la producción de residuos de la mina, también se instalaría una estación meteorológica para tener los datos con más precisión.

5.4.1. Propuesta de mejoras.

Para asegurar la estabilidad del dique del depósito de relaves será necesario implementar medidas que ayuden a disminuir y/o eliminar todas aquellas condiciones desfavorables que puedan ser causa de una probable falla en el depósito de relaves, tales como :

- ✓ Programa de monitoreo: Los objetivos de un programa de monitoreo del talud de la relavara son: Proporcionar un aviso anticipado de la inestabilidad, Proporcionar información geotécnica para analizar los mecanismos de desplazamiento de la pendiente, para designar medidas correctivas y Mantener los procedimientos operacionales de seguridad con el fin de proteger al personal y los equipos. Un programa de monitoreo permite establecer medidas de prevención para evitar deslizamientos, colapsos de estructuras frente a potenciales fallas por acción dinámica, se debe instalarán los puntos de monitoreos tales como la instalación de inclinómetros, piezómetros, puntos de control geodésico y puntos de control topográfico .
- ✓ Programa de recrecimiento del depósito de relave: El objetivo de este programa es beneficiar a la empresa San Antonio de Silver S.R.L para el depósito de relave de la mina “SANSIL”, ya que en el estudio de investigación se tiene una vida útil de operación de 3 años con 7 meses, quedando un tiempo de operación de 2 años con 4 meses .

5.4.2. Resultado de las secciones críticas analizadas.

Se procede a dar el resultado que para el análisis de estabilidad del dique se tiene las secciones típicas “A-A” y “B-B” de las más críticas, para las condiciones estáticas y pseudo-estáticas se obtuvieron los factores de seguridad los más bajos obtenidos por el método de equilibrio límite de Janbu Simplificado (1955), ya que están por encima de los mínimos recomendó y que tiene una relación de las cotas en altura que influirá positivamente en el volúmenes de almacenamiento de capas de relave para el depósito de la Mina “SANSIL” y operación de la planta concentradora.

CONCLUSIONES

1. Para la investigación se utilizó la teoría de equilibrio límite y métodos como: métodos aproximados (**Janbu simplificado** y **Bishop simplificado**) y métodos precisos o complejos (**Spencer** y **GLE/Morgenstern**), debido a la investigación son métodos clásicos, confiables, establecidos, definidos y estudiados por diferentes investigadores desde tiempos remotos, bajo este principio se diseñó y construyó miles de presas en nuestro país y en otros países, obteniendo resultados confiables. Este principio es recomendable para presas pequeñas y medianas, para otros casos es recomendable el análisis de cálculo de deformaciones aplicando el método de elementos finitos u otros métodos numéricos.
2. Los resultados de los factores de seguridad para diferentes condiciones de análisis estático y sísmico (Pseudo-estático) del modelamiento del dique con el software Slide v.6.0, son mayores respecto factores mínimos establecidos por CDA (Manejo de Riesgo Revisión de Seguridad de Presas.), publicado por OSINERGMIN. obteniendo para el análisis de estabilidad relacionado con los volúmenes de almacenamiento de capas de relaves según las cotas de **(4,810.00 hasta 4,819.00)** m.s.n.m., **Para la sección “A-A”** ubicado en el eje del dique con progresiva 0+086.51 en los métodos Bishop (1.824 / 1.337), Janbu (1.685 / 1.202), GLE (1.816 / 1.334) y Spencer (1.816 / 1.336). **Para la sección “B-B”** ubicado en el eje del dique con progresiva 0+063.02 en los métodos Bishop (1.763 / 1.284), Janbu (1.626 / 1.223), GLE (1.757 / 1.283) y Spencer (1.755 / 1.283). **Para la sección “C-C”** ubicado en el eje del dique con progresiva 0+039.53 en los métodos Bishop (1.901 / 1.347), Janbu (1.893 / 1.245), GLE (1.893 / 1.344) y Spencer (1.893 / 1.345). Se concluye que la presa es estable.
3. Los parámetros de flujo de descarga al embalse (balance de aguas), se tiene los resultados obtenidos de 02 estimaciones de volúmenes de aguas de relave, **el primer caso:** Es la estimación de volumen sin balance de aguas, obteniendo un tiempo de

operación de 7 años con 8 meses y 7 años con 3 meses para el depósito de relave para un volumen lleno de 208,015.66 m³ y 191,788.79 m³, esto genera como su vida útil no optima de operación. **Para el segundo caso:** Es la estimación de volumen con balance de aguas obteniendo un tiempo de operación de **3 años con 7 meses**, para el depósito de relave para un volumen lleno de 209,168.20 m³, esto genera como su vida útil óptimo de operación para el depósito de relave, a esto se tiene también los volúmenes de almacenamiento de capas de relave por etapas. Se concluye que su vida útil de operación del depósito de relave será de 3 años con 7 meses y no de 2 años como menciona el estudio a nivel de expediente técnico.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar el modelo Bishop Simplificado porque satisface todas las condiciones del método equilibrio límite, porque se basa en 3 parámetros geotécnicos de los materiales que conforma al estudio de investigación, como: la cohesión (C), Angulo de fricción (ϕ) y peso específico (γ), ya que el modelo es aplicable a cualquier forma de superficie, asume las inclinaciones de las fuerzas laterales, cumple el equilibrio de momentos.
2. Se recomienda para el análisis de estabilidad del dique del depósito de relave, monitorear los piezómetros instalados ya que es importante llevar el control geotécnico con la finalidad de determinar la variación de nivel freático y la calidad de aguas subterráneas. También se debe de instalar inclinómetros esto nos permitirá determinar los desplazamientos del talud de los bancos del depósito de relaves a diferentes profundidades, así como asentamientos de los materiales dichos desplazamientos son de gran utilidad para evaluar el grado de estabilidad del dique.
3. Con el crecimiento de la cota 4,810.00 m.s.n.m. hasta 4,819 m.s.n.m. de llenado de relave de 9.0 metros con un volumen de relave de 209,168.20 m³ y teniendo 1.0 metro de borde libre, se recomienda realizar un programa de recrecimiento del dique en un periodo de 8.0 meses antes que cumpla el tiempo de vida útil óptimo de operación para el depósito de relave de 3 años con 7 meses, beneficiando así la continuidad de la producción del concentrado de mineral para la mina "SANSIL".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, R. E. (2017). Análisis de la estabilidad física del depósito Belén, ralaves N° 5 concesión de beneficio S.R.L., de Minera Titán Perú. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Alvarado, F. (2017). Estudio del comportamiento sísmico de un depósito de relaves espesados dispuesto mediante descarga central. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Ingeniería. Chile.
- Bear, J. (1979). Analysis of flow against dispersion in porous media — Comments. *Journal of Hydrology*, 40(3–4), 381–385. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(79\)90041-6](https://doi.org/10.1016/0022-1694(79)90041-6)
- Bear, J. J., & Cheng, H.-D. A. (2010). *Numerical Models and Computer Codes. Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport*. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6682-5_8
- Biot, M. A. (1941). General Theory of Three-Dimensional Consolidation. *Journal of Applied Physics*, 12(2), 155–164. <https://doi.org/10.1063/1.1712886>
- Bjelkevik, A. (2006). Water cover closure design for tailings dams: state of the art report (19th ed.). Luleå tekniska universitet. <https://doi.org/DiVA.org:ltu-21799>
- Bowles, J. E. (1987). Elastic Foundation Settlements on Sand Deposits. *Journal of Geotechnical Engineering*, 113(8), 846–860. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1987\)113:8\(846\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1987)113:8(846))
- Bunge, M. (1961). Mario Bunge. *Philosophy of Science*, 28(1), 72. <https://doi.org/EB NC BUNG/C>
- Campos, J. L. (2015). Análisis de estabilidad del depósito de relaves Chacapampa en la Unidad Minera Cobriza perteneciente a Doe Run Peru S. R. L. Universidad Nacional Federico Villarreal. Ingeniería Civil. Perú., <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1037>.
- Craig, R. F. (Robert F... (2004). *Craig's soil mechanics (Seventh)*. Spon Press. Retrieved from [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pfK66ZiuWMcC&oi=fnd&pg=PP1&dq=\(Craig,+2004\)+total+volume+of+soil&ots=kgYGFhbJ&sig=MdMwag6Rp_a](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=pfK66ZiuWMcC&oi=fnd&pg=PP1&dq=(Craig,+2004)+total+volume+of+soil&ots=kgYGFhbJ&sig=MdMwag6Rp_a)

foloAfhEMdDjYdZc&redir_esc=y#v=onepage&q=(Craig%2C 2004) total volume of soil&f=false

Creek, D. D., & County, Y. (2016). PRESAS DE RELAVES. Cerro de Pasco. Retrieved from http://www.cip.org.pe/publicaciones/2018/J_VELARDE_Presas_de_Relaves.pdf

Dunbar, R. (2015). Seismic Analysis and Design. In Embankment Dams (13th ed., p. 352). Retrieved from <https://www.usbr.gov/tsc/techreferences/designstandards-datacollectionguides/finalds-pdfs/DS13-13.pdf>

ESTirado, A. (2018). Diseño hidraulico y de estabilidad de la presa de relaves Pumacahua. Pontificia Universidad Católica Del Perú. Facultad de Ingeniería. Lima - Perú., <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456>.

Harper, T. G., McLeod, H. N., & Davies, M. P. (1992). Seismic Assessment of tailings dams. Civil Engineering, 62(12), 64. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/3e7b3c21cc39ce366649629f4be694b1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=42415>

KNight, Z. (2015). Análisis de estabilidad de taludes de los diques de relaves. Charles Darwin University, <https://core.ac.uk/download/pdf/47204314.pdf>.

Li, X., Rendón, L. E., & Espinoza, M. J. (2010). Consideración de fuerzas de filtración en el análisis de estabilidad de taludes granulares. Tecnología y Ciencias Del Agua, 1(3), 89–107. Retrieved from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222010000300006

Lindquist, A., & Törnqvist, S. (2016). Análisis de estabilidad en una presa de relaves mexicana planeada. UPPDALA University.

Martínez, R., Barrera, S., & Gómez, P. (2011). El método pseudoestático de estabilidad en presas: un análisis crítico. Obras y Proyectos, (9), 30–37. <https://doi.org/10.4067/S0718-28132011000100004>

Mittal, H. K., & Morgenstern, N. R. (1976). Seepage control in tailings dams. Canadian Geotechnical Journal (Vol. 13). NRC Research Press Ottawa, Canada. <https://doi.org/10.1139/t76-030>

- Neuman, W. L. (2003). Research Methodology. Social Research Methods Qualitative and Quantitative Approaches, 174(1990), 67–87. <https://doi.org/10.1080/03050068.2013.803783>
- Oldecop, L., Zabala, F., Rodríguez, P. R. L., & Garino, L. L. (2008). Funcionamiento hidráulico, estabilidad y mecanismos de rotura de presas de relaves mineros. Researchgate, 13(4), 18–39. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/242672940_Funcionamiento_hidraulico_estabilidad_y_mecanismos_de_rotura_de_presas_de_relaves_mineros
- Panagiotou, G. N. (George N., & Michalakopoulos, T. N. (Theodore N... (2000). Mine planning and equipment selection 2000: proceedings of the Ninth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, Athens, Greece, 6-9 November 2000. A.A. Balkema. Retrieved from [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=VZfMfsuXjkwC&oi=fnd&pg=PA371&dq=slopes+according+to+Vick+\(1987\)&ots=HvE_THzLQk&sig=7erOBC13xnY9KbkWWVscwQV6mCA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=VZfMfsuXjkwC&oi=fnd&pg=PA371&dq=slopes+according+to+Vick+(1987)&ots=HvE_THzLQk&sig=7erOBC13xnY9KbkWWVscwQV6mCA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Perumal, T. (2014). Research Methodology. Course Material, Chapter 8(Leedy 1993), 87–104. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5210/fm.v8i1.1023>
- Reyes, A. (2015). Análisis tridimensional de estabilidad de taludes por el método de equilibrio límite de depósitos de desmonte de mina. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Rivero, N. V., & Mayorga, A. P. (2015). Metodología para el diseño por confiabilidad de presas de relaves construidas en arena por el método aguas abajo. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería. Maestría En Ingeniería Civil. Bogotá.
- Robertson, A. M., & Skermer, N. A. (1988). Design Considerations for the long-term stability of mine wastes, 2(4), 20. Retrieved from https://www.rgc.ca/files/publications/long_term.pdf
- Romaña, G. J. F. (2014). Los Límites de la Ley de Darcy. Bdigital. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from <http://bdigital.unal.edu.co/45359/>
- Sánchez Mendoza, A. M., & Taza Rojas, A. A. J. (2017). Análisis de estabilidad sísmica para una presa utilizando relave grueso con el método de suelo armado (Huachocolpa Uno - Huancavelica). Universidad de San Martín de Porres - USMP. Retrieved from

http://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3316?mode=full&submit_simpl=Mostrar+el+registro+Dublin+Core+completo+del+ítem+%0Ahttp://www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/3316

Silbernagel, M. M. (2007). Modeling coupled fluid flow and geomechanical and geophysical phenomena within a finite element framework. School of Mines Colorado. Retrieved from <https://mountainscholar.org/bitstream/handle/11124/79506/T06310.pdf?sequence=1>

Sitharam, T. G., & Hegde, A. (2016). Estabilidad integral de la presa de relaves de relleno de roca: caso Indio. *International Journal of Geotechnical Engineering*, <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19386>.

Solano, Ca. I. (2013). Análisis de estabilidad de presa de relaves de la Mina San Rafael. Universidad Nacional de Ingeniería, Ingeniería Civil. Lima - Perú., <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4028>.

Vick, S. (1990). Planificación, diseño y análisis de presas de relaves. Bitech. Retrieved from <https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:338927>.

ANEXO N° 01

- Matriz de Consistencia.

TESIS: “ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE EN EL DEPOSITO DE RELAVE DE LA MINERA SANSIL - PRIMERA ETAPA, AÑO 2018”

MATRIZ DE CONSISTENCIA.

“ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DEL DIQUE EN EL DEPOSITO DE RELAVE DE LA MINERA SANSIL - PRIMERA ETAPA, AÑO 2018”						
Planteamiento.	Problema.	Objetivos.	Justificación.	Hipótesis.	Operacionalización.	Metodología.
Se verificara los factor de seguridad tal que permita la viabilidad del proyecto en sí mismo y pueda satisfacer las condiciones requeridas para su implementación, para ello se hace uso del método de cálculo Bishop Simplified, GLE/Morgenstem – Price, Janbu Simplified y Spencer y a través del cálculo arrojado con diferentes variaciones, la presente investigación profundizará sobre el intervalo de los diferentes factores intervinientes en la construcción, a fin de tener una línea de base para la cual se pueda trabajar en siguientes casos; donde por ejemplo se tendrá gran preponderancia las diferentes capas de relave, que no solo afectan a las capacidad en metros cúbicos, a la inversión necesaria, sino también al ángulo de inclinación y las características de la tierra para tales casos, encontrándose comprometida la seguridad de la construcción.	Problema General.	Objetivo General.	J. Teórica.	Hipótesis General.	a) Variable Independiente (X). Análisis de Estabilidad del dique. Dimensiones: Y1: Método de Equilibrio Limite. Y2: Estabilidad del Dique. Y3: Características de los Materiales. Y4: Volumen de Almacenamiento. Y5: Balance de Agua. Indicadores: Y1: Modelo de Bishop, GLE/Morgenstem, Jabu y Spencer. Y2: Condiciones Estático y Condiciones Pseudo estático. Y3: Cohesión de los Suelos, Densidad de los Suelos y Angulo de Fricción. Y4: Acumulación de Capas de Relave. Y5: Descargas y Volúmenes pico.	Método: Científico Análisis – síntesis observación medición. Tipo de Investigación: Aplicada. Niveles de Investigación: Explicativo y Descriptivo. Diseño de Investigación: Experimental (Cuasi-Experimental). Enfoque de la Investigación: Cuantitativo. Población y Muestra: Muestra: Depósito de Relave. Tipo de Muestra: Probabilístico dirigido.
	Problema Específicos.	Objetivos Específicos.	J. Práctica.	Hipótesis Específica.		
	¿Cuáles son los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.	Determinar los resultados del análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.	Es importante anotar que el manejo relevante de la estabilidad es aplicado a casi todos los procesos de construcción en donde haya un ángulo de inclinación relevante alrededor de la construcción, a fin de que no se tengan caídas innecesarias de material u otros. Sin embargo, generalmente se detallan con el solo hecho de poder sobrepasar el estándar requerido y poder dar viabilidad a la obra. No obstante, la presente investigación pretende encontrar mayor evidencia acerca de los diferentes cambios de los indicadores del factor de seguridad y con ello obtener diferentes variantes y obtener la mejor combinación posible de indicadores para la optimización de las capacidades del depósito.	El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.		
	a) ¿De qué manera favorece el método de equilibrio límite para el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.	a) Demostrar el resultado del método de equilibrio límite para el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.	Con el Análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave, empleando los volúmenes de almacenamiento de capas de relave, asegura que la estabilidad del dique, cumplan parámetros de diseño, teniendo en cuenta las normas CE. 020 estabilidad de taludes y E.030 de diseño sismo resistente.	a) El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.		
	b) ¿Cómo influye el volumen de almacenamiento en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.	b) Evaluar los resultados del volumen de almacenamiento en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.		b) El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.		
	c) ¿Qué efectos produce en el balance de agua en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018?.	c) Verificar los resultados del balance del agua en el análisis de estabilidad del dique para la Minera “SANSIL” – Primera Etapa; Año 2018.		c) El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.		

ANEXO N° 02

- Transporte de mineral.
- Concentrado de mineral.
- Estimación de volumen de aguas sin balance.
- Estimación de volumen de aguas con balance.

TRANSPORTE DE MINERAL (SEPT 2018 AL OCT 2019)

DIAS		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	N° VIAJES	
AÑO	MES	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D		
2018	Septiembre	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	IC										Tm	1.0	
2018	Octubre	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	4.0
2018	Noviembre	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	4.0	
2018	Diciembre	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	8.0
2019	Enero	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	10.0
2019	Febrero	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	10.0
2019	Marzo	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	10.0
2019	Abril	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	10.0	
2019	Mayo	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	10.0
2019	Junio	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	10.0	
2019	Julio	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	11.0
2019	Agosto	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	10.0
2019	Septiembre	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	10.0	
2019	Octubre	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	10.0

LEYENDA	
Pruebas en Plata de concentración	PC
Inicio de Producción	IC
Trasporte de mineral	Tm

CONCENTRADO DE MINERAL PRODUCIDO POR MES - PERIODO (SEP 2018 - OCT 2019)

		AÑO	2018	2018	2018	2018	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019	2019		
		MESES	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	
N° DE VIAJES	1.0	N° TRANS.	9.0	9.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
		CONSENT. MIN.	315.65 TMS	322.85 TMS	338.82 TMS	339.65 TMS	347.58 TMS	345.99 TMS	346.09 TMS	343.58 TMS	345.25 TMS	347.87 TMS	347.48 TMS	349.87 TMS	348.21 TMS	347.39 TMS	
	2.0	N° TRANS.		8.0	9.0	9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.		319.68 TMS	337.21 TMS	338.93 TMS	346.32 TMS	345.89 TMS	344.83 TMS	345.80 TMS	345.12 TMS	346.21 TMS	347.98 TMS	350.12 TMS	348.25 TMS	347.87 TMS	
	3.0	N° TRANS.		9.0	9.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.		333.89 TMS	339.91 TMS	341.11 TMS	344.31 TMS	344.09 TMS	346.98 TMS	345.31 TMS	347.78 TMS	345.39 TMS	346.78 TMS	349.57 TMS	347.98 TMS	349.21 TMS	
	4.0	N° TRANS.		9.0	8.0	9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.		331.54 TMS	338.14 TMS	339.65 TMS	346.02 TMS	345.98 TMS	346.83 TMS	344.83 TMS	346.16 TMS	346.87 TMS	347.16 TMS	347.21 TMS	347.78 TMS	350.87 TMS	
	5.0	N° TRANS.				9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.				340.12 TMS	346.80 TMS	344.83 TMS	345.99 TMS	345.98 TMS	346.59 TMS	346.47 TMS	346.39 TMS	348.25 TMS	347.16 TMS	350.12 TMS	
	6.0	N° TRANS.				8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.				341.56 TMS	346.99 TMS	345.58 TMS	346.89 TMS	344.83 TMS	347.48 TMS	348.25 TMS	347.87 TMS	349.45 TMS	348.45 TMS	349.57 TMS	
	7.0	N° TRANS.				9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.				340.13 TMS	344.89 TMS	343.80 TMS	345.31 TMS	344.99 TMS	347.98 TMS	347.97 TMS	346.47 TMS	350.17 TMS	350.17 TMS	349.21 TMS	
	8.0	N° TRANS.				9.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.				339.89 TMS	346.98 TMS	345.31 TMS	346.02 TMS	345.58 TMS	346.87 TMS	348.36 TMS	346.87 TMS	349.12 TMS	349.12 TMS	350.17 TMS	
	9.0	N° TRANS.						10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.						344.09 TMS	345.02 TMS	346.09 TMS	344.09 TMS	347.36 TMS	349.21 TMS	347.21 TMS	348.98 TMS	348.48 TMS	349.12 TMS
	10.0	N° TRANS.						10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
		CONSENT. MIN.						346.83 TMS	345.58 TMS	346.58 TMS	345.80 TMS	347.39 TMS	348.12 TMS	348.25 TMS	348.31 TMS	348.98 TMS	347.21 TMS
	11.0	N° TRANS.												10.0			
		CONSENT. MIN.												349.87 TMS			
N° DE VIAJES POR MES			1.0	4.0	4.0	8.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	11.0	10.0	10.0	10.0	
SUMA (TMS/Mes)			315.650	1307.960	1354.080	2721.040	3460.810	3452.070	3461.610	3450.790	3467.980	3474.720	3822.330	3491.050	3485.580	3490.740	
PROMEDIO (TMS/Mes)			315.650	326.990	338.520	340.130	346.081	345.207	346.161	345.079	346.798	347.472	347.485	349.105	348.558	349.074	

PRODUCCION DE MINERAL POR MES			
AÑO	MESES	PROMEDIO (TMS)	CONCENTRADO (TMS/Mes)
2018	Septiembre	315.650	315.650
2018	Octubre	326.990	1307.960
2018	Noviembre	338.520	1354.080
2018	Diciembre	340.130	2721.040
2019	Enero	346.081	3460.810
2019	Febrero	345.207	3452.070
2019	Marzo	346.161	3461.610
2019	Abril	345.079	3450.790
2019	Mayo	346.798	3467.980
2019	Junio	347.472	3474.720
2019	Julio	347.485	3822.330
2019	Agosto	349.105	3491.050
2019	Septiembre	348.558	3485.580
2019	Octubre	349.074	3490.740

PRODUCCION DE MINERAL POR MES - PROYECTADO				
MESES DE MAYOR INCIDENCIA	PROMEDIO (TMS)	N° DE MES	PROMEDIO PROYECTADO (TMS)	CONCENTRADO PROYECTADO (TMS/Mes)
ENE 2019 - OCT 2019	3471.020	10.0	347.102	3482.160 TMS/Mes
ABR 2019 - OCT 2019	2433.571	7.0	347.653	
JUN 2019 - OCT 2019	1741.694	5.0	348.339	
AGO 2019 - OCT 2019	1046.737	3.0	348.912	
OCT- 2019	349.074	1.0	349.074	
PRODUCCION DE MINERAL - PROMEDIO PROYECTADO			348.216	

DATOS:	
Vol. del depósito de relave - Exp. Técnico:	192,000.00 m ³
Vol. Del depósito de relave - Ejecutado:	209,168.20 m ³
Área del depósito de relave:	54,590.00 m ²
Capacidad operativa:	350.00 TMS/D
Vol. Aprox. De relave:	233.00 m ³ /día
Concentrado del peso de relave:	33%

ESTIMACION DEL VOLUMEN DE AGUA DE PULPA PARA EL DEPOSITO DE RELAVE "SANSIL"

Nº DE AÑOS	AÑOS	MESES	Nº de Días Por Mes	CONCENTRADO (TMS/Mes)	CONCENTRADO (TMS/D)	VOL. DE RELAVE (m ³ /día)	RELAVE DE AGUA DE PULPA (m ³)	RELAVE (TMS/Mes)	Producción de Relave Fino	Producción de Relave Crudo
0.4	2018	Septiembre	30.0	315.65	35.072	23.548	210.135	1.162	0.682	0.480
	2018	Octubre	31.0	1,507.96	46.713	31.007	870.728	4.815	2.825	1.990
	2018	Noviembre	30.0	1,354.08	48.500	32.194	901.430	4.985	2.925	2.060
	2018	Diciembre	31.0	2,721.04	77.744	31.735	1,811.435	10.018	5.877	4.140
	2019	Enero	31.0	3,400.81	111.639	74.330	2,503.911	12.742	7.475	5.266
	2019	Febrero	28.0	3,432.07	115.089	76.603	2,298.092	12.709	7.457	5.253
	2019	Marzo	31.0	3,481.81	115.387	76.813	2,304.843	12.745	7.477	5.267
	2019	Abril	30.0	3,430.79	111.516	74.105	2,297.260	12.705	7.454	5.251
	2019	Mayo	31.0	3,467.98	115.599	76.956	2,308.084	12.768	7.491	5.277
	2019	Junio	30.0	3,474.72	115.824	77.100	2,313.171	12.795	7.505	5.287
	2019	Julio	31.0	3,822.33	115.828	77.108	2,544.580	14.073	8.258	5.818
	2019	Agosto	31.0	3,491.00	116.568	77.468	2,324.042	12.855	7.541	5.312
2019	Septiembre	30.0	3,485.38	116.186	77.547	2,320.400	12.835	7.529	5.304	
2019	Octubre	31.0	3,490.74	116.338	77.461	2,323.855	12.852	7.540	5.312	
2019	Noviembre	30.0	3,482.16	116.072	77.271	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2019	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2020	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2021	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2022	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2023	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2024	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2025	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Julio	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Agosto	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Septiembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Octubre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Noviembre	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2026	Diciembre	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Enero	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Febrero	28.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Marzo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Abril	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Mayo	31.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Junio	30.0	3,482.16	112.328	74.778	2,318.124	12.820	7.522	5.299	
2027	Julio	31.0	3,482.16	112.328						

DATOS:

Vol. del depósito de relave - Expediente: 392,000.00 m³

Vol. Del depósito de relave - Ejecutado: 209,168.20 m³

Área del depósito de relave: 54,330.00 m²

Capacidad operativa: 330.00 TMS/D

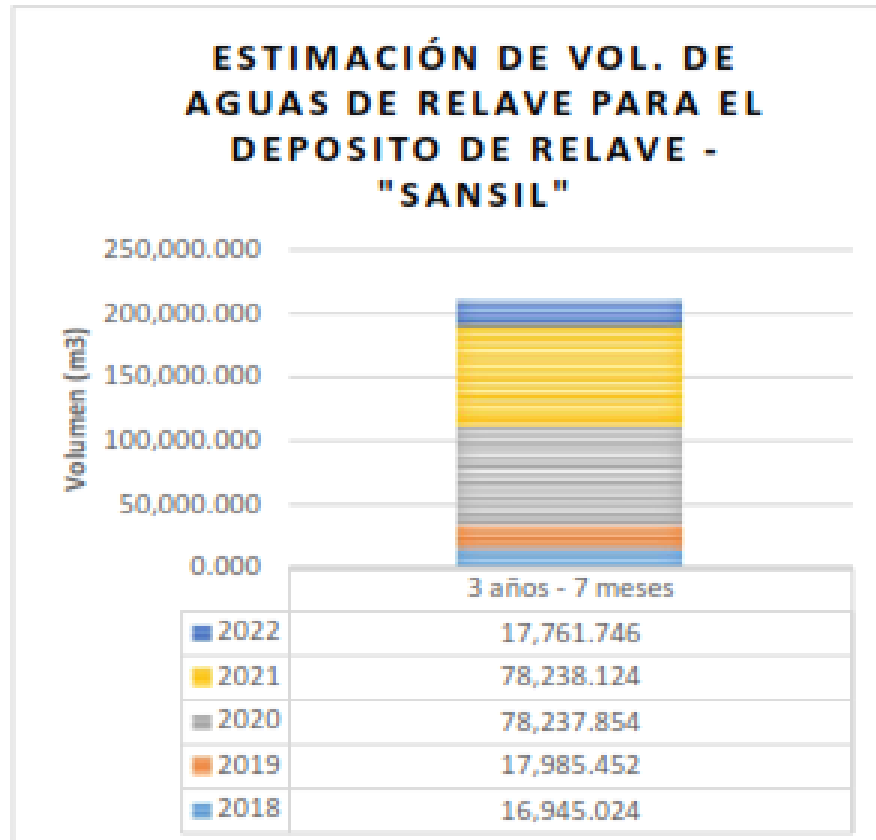
Vol. Agua. De relave: 233.00 m³/día

Concentrado del peso de relave (Cpr): 55%

392,000.00 m ³
209,168.20 m ³
54,330.00 m ²
330.00 TMS/D
233.00 m ³ /día

Nº DE AÑOS	AÑOS	MESES	Nº de Días Por Mes	CONCENTRADO (TMS/Mes)	RELAVE (TMS/Mes)	(R) FLUJO DE AGUA ASOCIADAS AL RELAVE QW1 (m ³ /mes) $QW1 = \frac{Tr \cdot (100 - Cpr)}{Cpr}$	(I) FLUJO DE AGUA DE ALCANTARILLADO QW2 (m ³ /mes)	(II) FLUJO DE AGUA DE DESCARTES SANITARIOS QW3 (m ³ /mes) $QW3 \leq 0.1 \cdot QW1$	(IV) APORTE HIDROLÓGICO LLUVIAS QW4 (m ³ /mes)	INTENSIDAD PARA 300 AÑOS DE RETORNO		DENSIDAD IN SITU DEL RELAVE (Sa)		(VI) HUMEDADES CONTENIDAS EN LAS ARENAS QW5 $QW5 = 100 \cdot \frac{H + Ta}{Ta \cdot (Tr/mes)}$	(VII) AGUA INTERSTICIAL CONTENIDA EN LA CUBETA DEL EMBALSE QW6 $QW6 = \left(1 - \frac{5s}{S} + \frac{7Td}{S} + \frac{3r}{S}\right)$	(VIII) INFILTRACIONES QW7 (m ³ /mes) $QW7 > 0.1 \cdot QW1$
										(Ta)	(H)	1.35 - 1.45 t/m ³	2.35 - 2.85 t/m ³			
0.4	2018	Septiembre	30.0	315.65	1.162	210.153	0.000	0.000	3133.898	0.5810661	50%	10%	0.430415	0.000	0.000	
	2018	Octubre	31.0	1307.96	4.815	870.728	0.000	0.000	8141.588	2.407744	20% - 30%	8% - 10%	1.783514	0.000	0.000	
	2018	Noviembre	30.0	1354.08	4.985	901.450	0.000	0.000	5929.585	2.492943	50%	10%	1.846402	0.000	0.000	
	2018	Diciembre	31.0	2721.04	10.018	1811.435	0.000	0.000	6611.460	5.008996	20% - 30%	8% - 10%	3.710368	0.000	0.000	
	2019	Enero	31.0	3460.81	12.742	2305.931	0.000	0.000	10233.580	6.370794	50%	10%	4.719106	0.000	0.000	
	2019	Febrero	28.0	3452.07	12.709	2298.092	0.000	0.000	9611.710	6.354705	20% - 30%	8% - 10%	4.707189	0.000	0.000	
	2019	Marzo	31.0	3461.61	12.745	2304.443	0.000	0.000	8335.240	6.372266	50%	10%	4.720197	0.000	0.000	
	2019	Abril	30.0	3450.79	12.705	2297.340	0.000	0.000	2754.775	6.352348	20% - 30%	8% - 10%	4.705443	0.000	0.000	
	2019	Mayo	31.0	3467.98	12.768	2308.684	0.000	0.000	1696.505	6.383992	50%	10%	4.728883	0.000	0.000	
	2019	Junio	30.0	3474.72	12.795	2315.171	0.000	0.000	343.665	6.396400	20% - 30%	8% - 10%	4.738074	0.000	0.000	
	2019	Julio	31.0	3822.33	14.073	2544.380	0.000	0.000	714.803	7.036394	50%	10%	3.212669	0.000	0.000	
	2019	Agosto	31.0	3491.05	12.853	2324.042	0.000	0.000	0.000	6.426461	20% - 30%	8% - 10%	4.760341	0.000	0.000	
1.0	2019	Septiembre	30.0	3485.58	12.833	2320.400	0.000	0.000	3133.898	6.416391	50%	10%	4.752882	0.000	0.000	
	2019	Octubre	31.0	3490.74	12.852	2323.835	0.000	0.000	8141.588	6.425890	20% - 30%	8% - 10%	4.759919	0.000	0.000	
	2019	Noviembre	30.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2019	Diciembre	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Enero	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Febrero	28.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Marzo	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Abril	30.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Mayo	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Junio	30.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
	2020	Julio	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2.0	2020	Agosto	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000
2020		Septiembre	30.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
2020		Octubre	31.0	3482.16	12.836	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
2020		Noviembre	30.0	3485.16	12.834	2318.789	0.000	0.000	26417.220	6.411936	50%	10%	4.749582	0.000	0.000	
2020		Diciembre	31.0	3484.16	12.834	2319.455	0.000	0.000	26417.220	6.413777	20% - 30%	8% - 10%	4.750946	0.000	0.000	
2021		Enero	31.0	3485.16	12.833	2320.121	0.000	0.000	26417.220	6.415618	50%	10%	4.752310	0.000	0.000	
2021		Febrero	28.0	3486.16	12.833	2320.786	0.000	0.000	26417.220	6.417459	20% - 30%	8% - 10%	4.753673	0.000	0.000	
2021		Marzo	31.0	3487.16	12.832	2321.452	0.000	0.000	26417.220	6.419300	50%	10%	4.755037	0.000	0.000	
2021		Abril	30.0	3489.16	12.832	2322.118	0.000	0.000	26417.220	6.421140	20% - 30%	8% - 10%	4.756400	0.000	0.000	
2021		Mayo	31.0	3489.16	12.832	2322.784	0.000	0.000	26417.220	6.422981	50%	10%	4.757764	0.000	0.000	
2021		Junio	30.0	3490.16	12.832	2323.449	0.000	0.000	26417.220	6.424822	20% - 30%	8% - 10%	4.759127	0.000	0.000	
2021		Julio	31.0	3491.16	12.833	2324.115	0.000	0.000	26417.220	6.426663	50%	10%	4.760491	0.000	0.000	
3.0	2021	Agosto	31.0	3492.16	12.833	2324.781	0.000	0.000	26417.220	6.428504	20% - 30%	8% - 10%	4.761853	0.000	0.000	
	2021	Septiembre	30.0	3493.16	12.833	2325.446	0.000	0.000	26417.220	6.430345	50%	10%	4.763218	0.000	0.000	
	2021	Octubre	31.0	3494.16	12.834	2326.112	0.000	0.000	26417.220	6.432185	20% - 30%	8% - 10%	4.764582	0.000	0.000	
	2021	Noviembre	30.0	3495.16	12.834	2326.778	0.000	0.000	26417.220	6.434026	50%	10%	4.765945	0.000	0.000	
	2021	Diciembre	31.0	3496.16	12.832	2327.444	0.000	0.000	26417.220	6.435867	20% - 30%	8% - 10%	4.767309	0.000	0.000	
	2022	Enero	31.0	3492.16	12.832	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	
	2022	Febrero	28.0	3492.16	12.832	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	20% - 30%	8% - 10%	4.748219	0.000	0.000	
	2022	Marzo	31.0	3492.16	12.832	2318.124	0.000	0.000	26417.220	6.410095	50%	10%	4.748219	0.000	0.000	

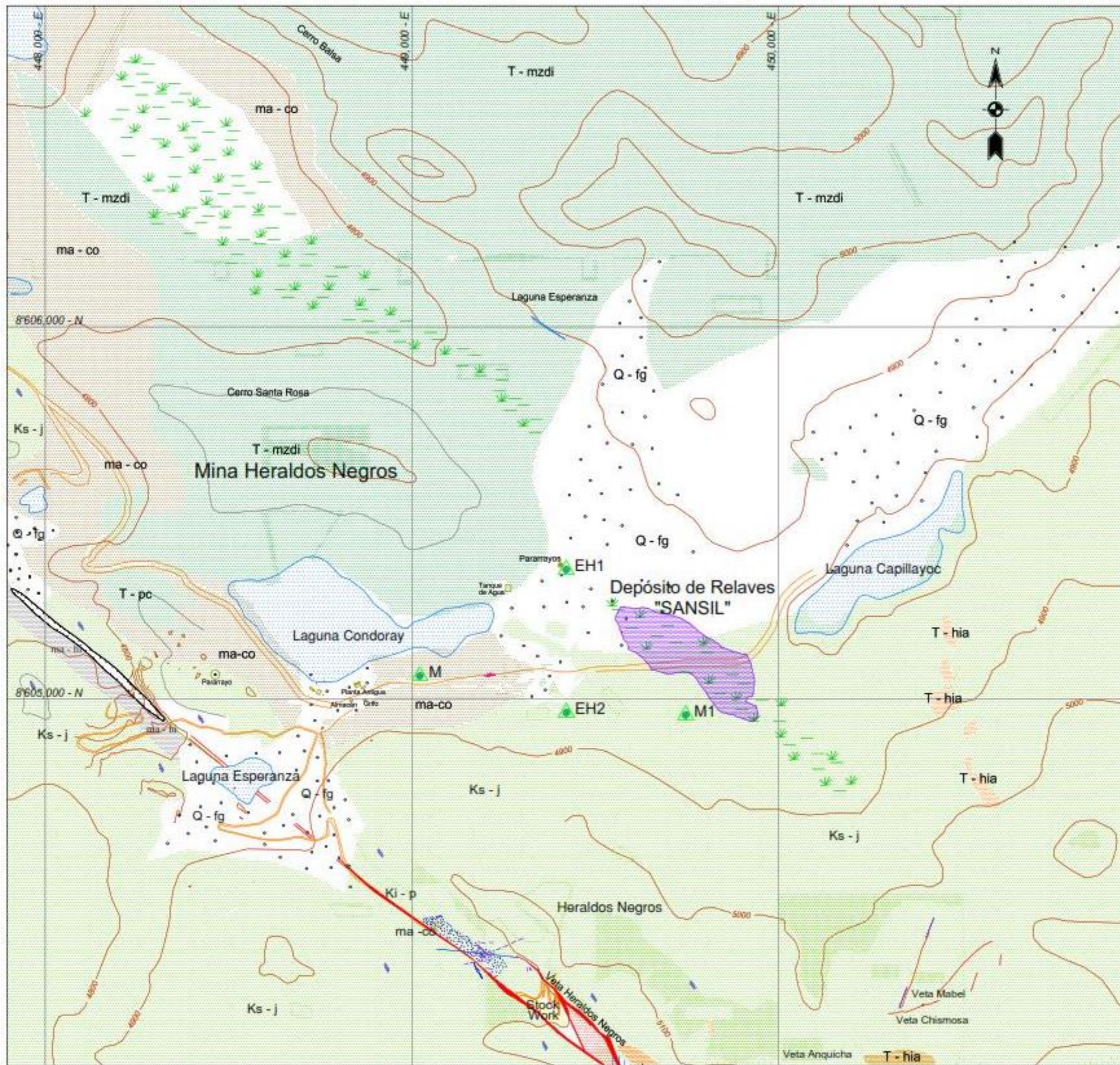
ESTIMACION DE VOL. DE AGUA DE RELAVE	
AÑOS DE OP.	3 años c/. 7 meses
AÑOS	VOL. ACUM.
	(209,168.20m3)
2018	16,945.02
2019	17,985.45
2020	78,237.85
2021	78,238.12
2022	17,761.75
VOL. ACUM.	209,168.20



CAPAS DE RELAVE EN EL DEPOSITO - "SANSIL"				
N° DE AÑOS	AÑOS	VOLUMEN ACUM. (m3)	COTA (m.s.n.m)	DESC.
----	-----	0.00	4,810.00	BASE
0.4	2018	16,945.02	4,810.73	CAPA 01
1	2019	34,930.48	4,811.50	CAPA 02
1	2020	113,168.33	4,814.87	CAPA 03
1	2021	191,406.45	4,818.24	CAPA 04
0.3	2022	209,168.20	4,819.00	CAPA 05
----	-----	-----	4,820.00	CORONA
3 años con 7 meses				

ANEXO N° 03

- Plano P-01 Geología Local.
- Plano P-02 Geología Regional.
- Plano P-03 Topográfico.
- Plano P.04 Instrumentos Geotécnicos
- Plano P-05 Sistema de Drenaje Superficial, Canal de Coronación Norte y Sur, y Estructuras Conexas.
- Plano PPV-01 Volumen del Depósito de Relaves “SANSIL”.
- Plano ST-01 al 10 Secciones Transversales del Volumen del Depósito de Relaves “SANSIL”.



Leyenda :

- Trocha Carrozable
- Curvas de Nivel de la Superficie de Terreno Existente
- Punto de Control Topográfico
- Depósito de Relaves "SANSIL"

Litología

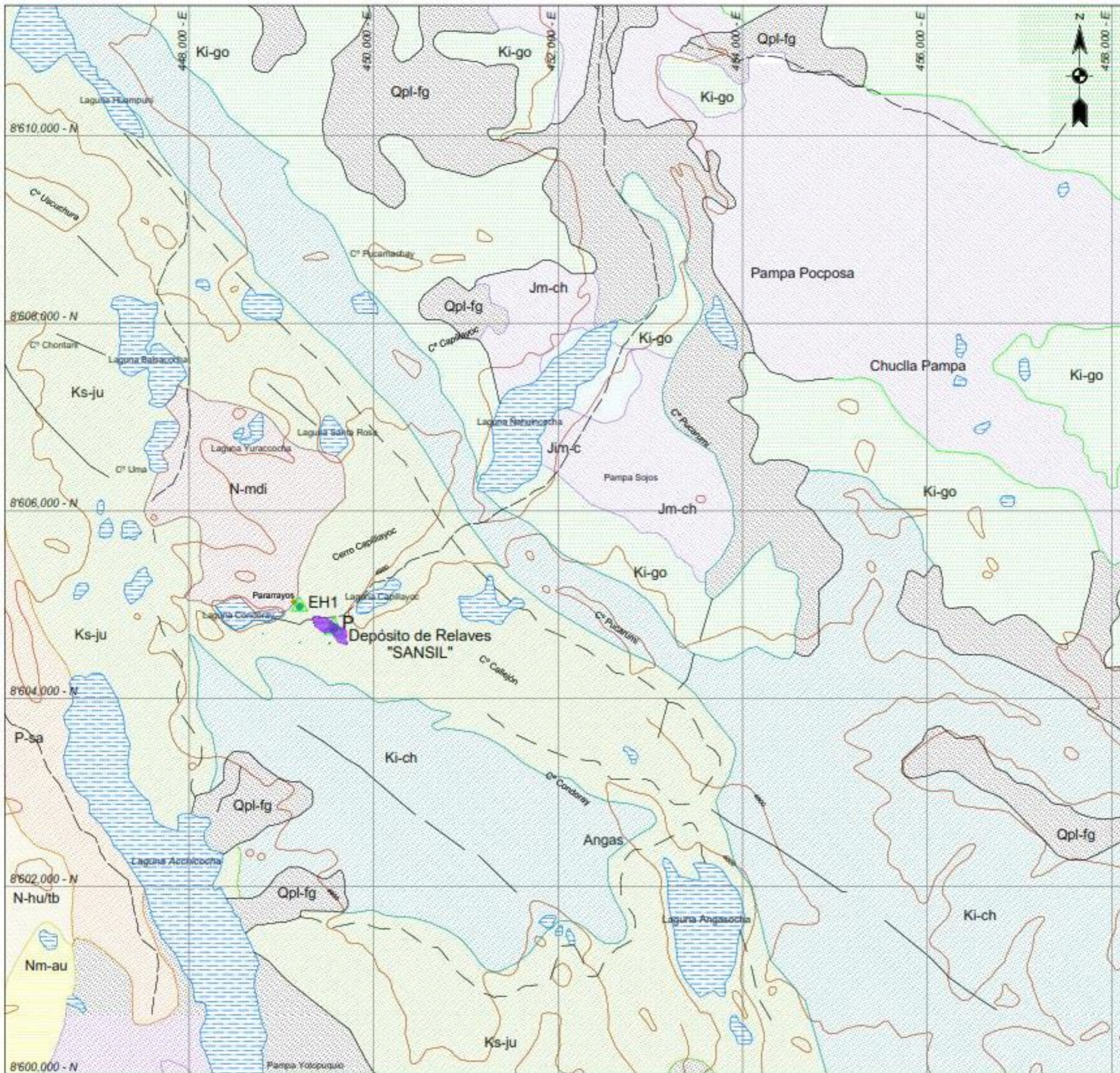
- Formación Jumasha (Ks-j)
- Cuaternario (ma-co)
- Formación Jumasha (T-mzdi)
- Formación Jumasha (Q-fg)
- Formación Jumasha (T-hia)
- Formación Jumasha (ma-hi)

Estructural

- Contacto Conocido
- Contacto Inferido
- Rumbo y Buzamiento
- Diaclasas
- Falla Comprobada
- Fractura Inferida
- Eje de Anticinal
- Eje de Sinclinal
- Sinclinal Tumbado

- Notas :**
- 1) Las Coordenadas UTM están Referidas al Datum Horizontal PROVISIONAL SOUTH AMERICAN de 1956 (PSAD 56)
 - 2) Cuadrícula UTM : 1000 Metros
Zona UTM : 18
 - 3) El Levantamiento Topográfico fue Proporcionado por SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 - 4) Las Coordenadas de los Puntos de Referencia fue Proporcionado por SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 - 5) Las Cotas son Absolutas Referidas al Nivel Medio del Mar (m.s.n.m.)

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.			
Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona=4,820 msnm (H=7.00 m)			Plano :
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto-Acobambilla, Provincia de Huancayo-Huancavelica, Departamento de Junín-Huancavelica			P-01
Geología Local			
Preparado Por :			
Ing. Jorge Diaz Collantes		C.I.P. N° 28467	
Escala :	Fecha :	Dibujo :	Revisión :
1 / 10000	Julio, 2017	M.C.H.	J.D.C.



Leyenda :

- Curvas de Nivel de la Superficie de Terreno Existente
- EH1 Punto de Control Topográfico
- P Depósito de Relaves

Litología

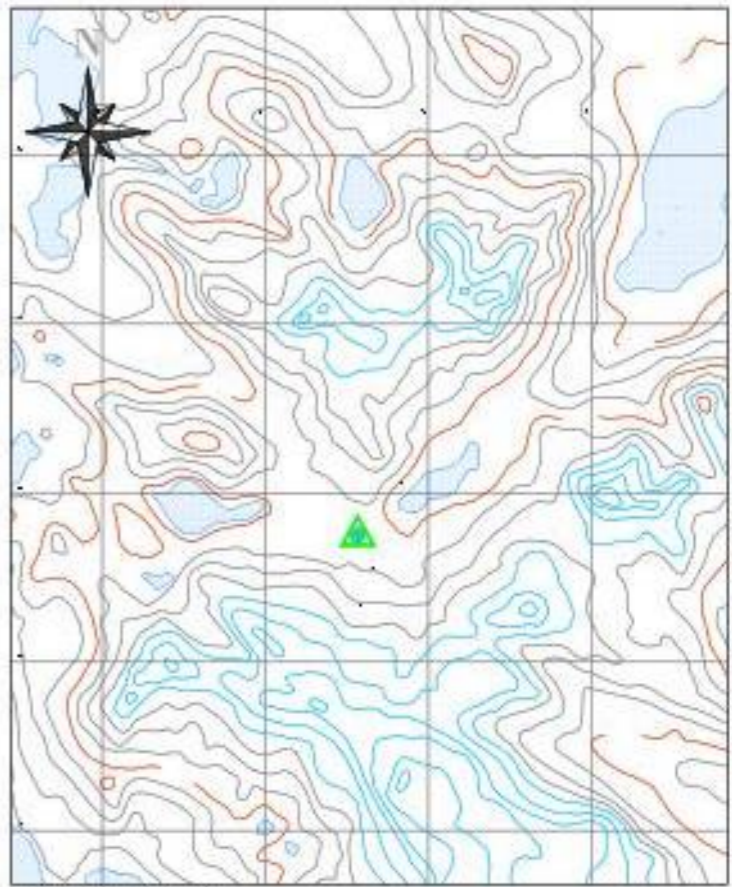
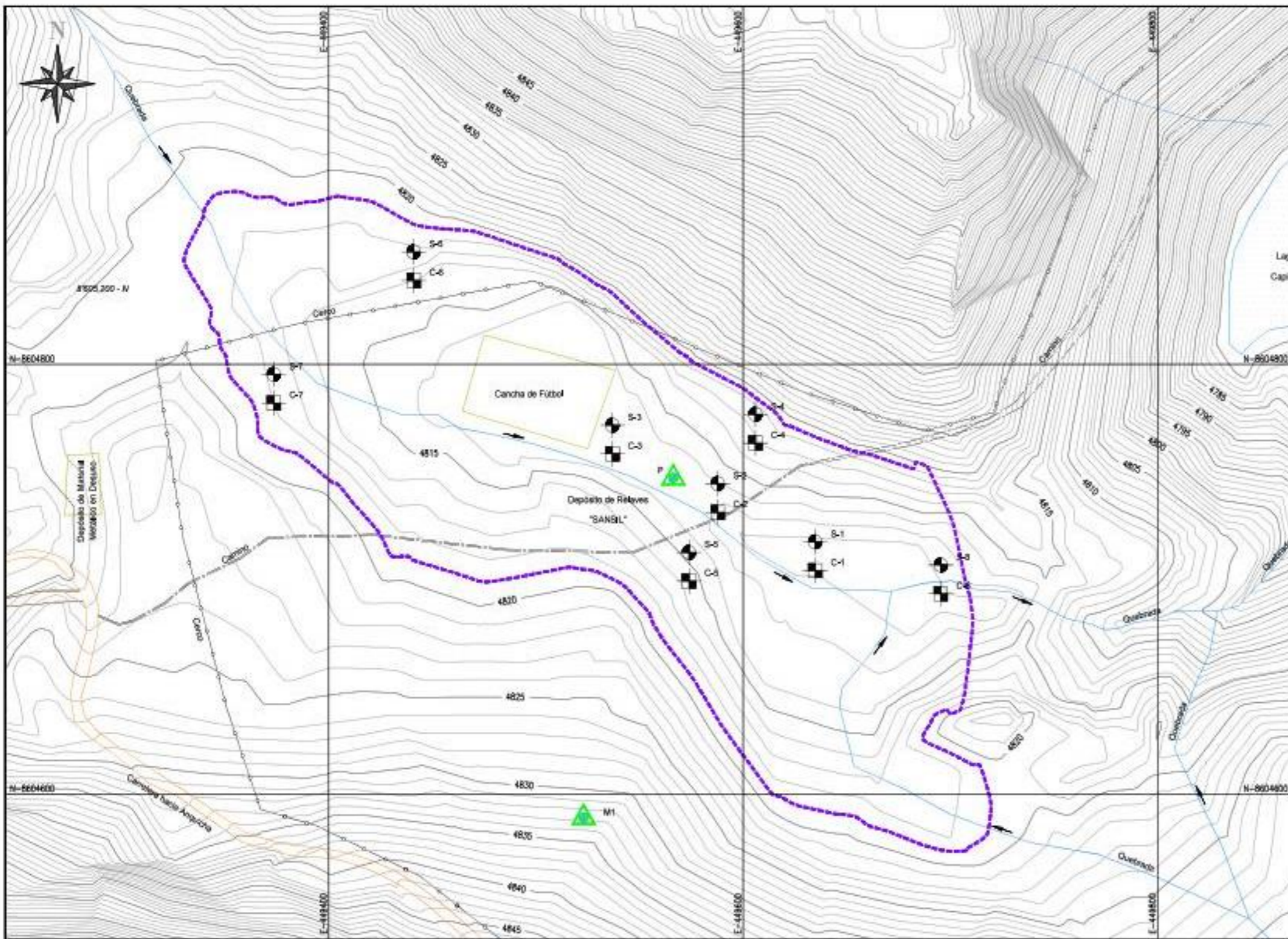
- Formación Jumasha (Ks-ju)
- Formación Chulec (Ki-ch)
- Depósito Fluvioglaciares (Qpl-fg)
- Morzodiorita (N-mdi)
- Formación Pacsaquero (P-sa)
- Tobas (N-hu/tb)
- Formación Auquívica (Nm-au)
- Grupo Goyllarisquiza (Ki-go)
- Formación Chunumayo (Jm-ch)

Estructural

- Contacto Conocido
- Contacto Inferido
- Rumbo y Buzamiento
- Diaclasas
- Falla Comprobada
- Fractura Inferida
- Eje de Anticlinal
- Eje de Sinclinal
- Sinclinal Tumbado

- Notas :**
- 1) Las Coordenadas UTM están Referidas al Datum Horizontal WORLD GEODETIC SYSTEM de 1984 (WGS 84)
 - 2) Cuadrícula UTM : 2000 Metros
Zona UTM : 18
 - 3) El Mapa Geológico Regional fue Elaborado a partir de la Geología del Cuadrángulo CONAYCA (26-m), Boletín 44 (INGEMMET, 1993)
 - 4) Las Coordenadas de los Puntos de Referencia fue Proporcionado por SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 - 5) Las Cotas son Absolutas Referidas al Nivel Medio del Mar (m.s.n.m.)

Solicitante:			
SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.			
Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona=4,820 msnm (H=7.00 m)			Plano :
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto-Acobambilla, Provincia de Huancayo-Huancavelica, Departamento de Junín-Huancavelica			P-02
Descripción :			
Geología Regional			
Preparado Por :			
Ing. Jorge Díaz Collantes		C.I.P. N° 28467	
Escala :	Fecha :	Dejpo :	Revisión :
1 / 40000	Julio, 2017	M.C.H.	J.D.C.



UBICACIÓN (UTM - WGS 84)
Escala: 1/50000

LEYENDA	
— 4815 —	CURVA DE NIVEL MAYOR TERRENO NATURAL
— 4810 —	CURVA DE NIVEL MENOR TERRENO NATURAL
— 4805 —	CURVA DE NIVEL MAYOR DEL DEPÓSITO PROYECTADO
— 4800 —	ACCESO
—	LÍMITE DE CONCESIÓN DE BENEFICIO
—	LÍMITE DE DEPÓSITO DE RELAVES
—	CERCO EXISTENTE
⊕ C-1	GAUCIAS
⊕ S-1	SONDAJE EN CONO DINÁMICA DE PICO
▲ M1	EH1 PUNTO DE CONTROL TOPOGRÁFICO

NOTAS :

1. LAS COORDENADAS UTM ESTAN REFERIDAS AL DATUM HORIZONTAL PROVISIONAL SOUTH AMERICAN DE 1956
2. CUADRICULA UTM, ZONA UTM18
3. EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO FUE PROPORCIONADO POR SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
4. LAS COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE REFERENCIA FUE PROPORCIONADA POR SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
5. LAS COTAS SON ABSOLUTAS REFERIDAS AL NIVEL MEDIO DEL MAR (M.S.N.M)
6. LAS ESCALAS SE MOSTRARÁN COMO REALES EN PLANOS IMPRESOS EN A2.

Puntos de Investigación Geotécnica (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (mnm)
	Norte	Este	
C-1 y S-1	8'605,071.89	449,858.45	4,812.00
C-2 y S-2	8'605,099.03	449,811.42	4,813.00
C-3 y S-3	8'605,126.21	449,760.42	4,814.00
C-4 y S-4	8'605,131.23	449,829.59	4,817.00
C-5 y S-5	8'605,067.00	449,797.55	4,815.00
C-6 y S-6	8'605,206.92	449,664.73	4,816.00
C-7 y S-7	8'605,149.87	449,587.22	4,818.00
C-8 y S-8	8'605,061.10	449,919.06	4,812.00

Puntos de Concesión de Beneficio "SANSIL" (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (mnm)
	Norte	Este	
V-1*	8'604,746.87	449,118.72	
V-2*	8'604,530.88	450,101.97	
V-3*	8'605,517.65	450,318.74	
V-4*	8'605,733.84	449,335.49	

* Fuera del Límite del Plano

Puntos de Referencia (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (mnm)
	Norte	Este	
EH1*	8'605,547.75	449,420.74	4,844.02
EH2*	8'604,963.89	449,421.31	4,846.79
M*	8'605,061.68	449,021.63	4,833.28
M1	8'604,958.90	449,746.71	4,834.58

* Fuera del Límite del Plano

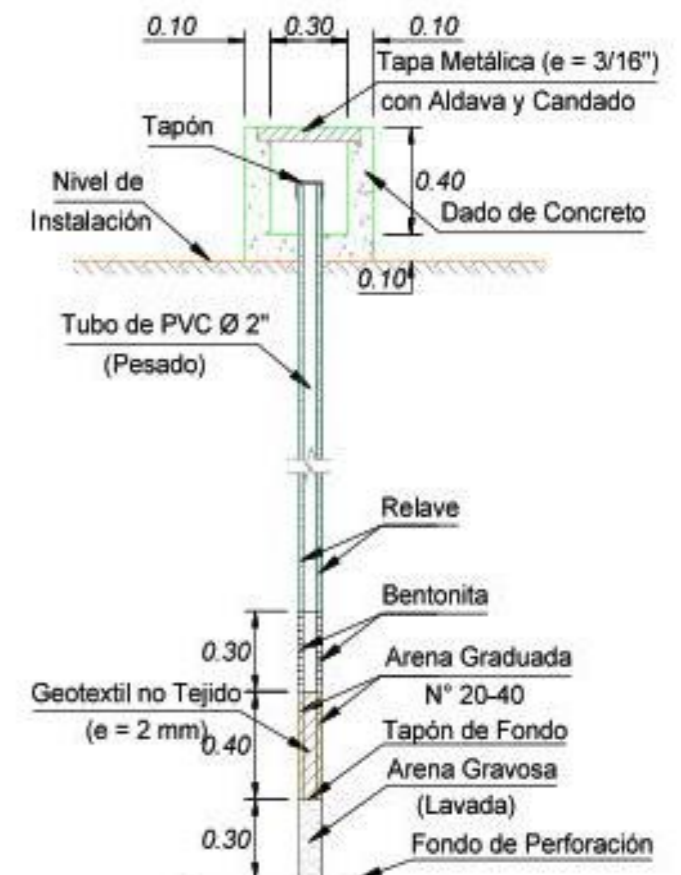
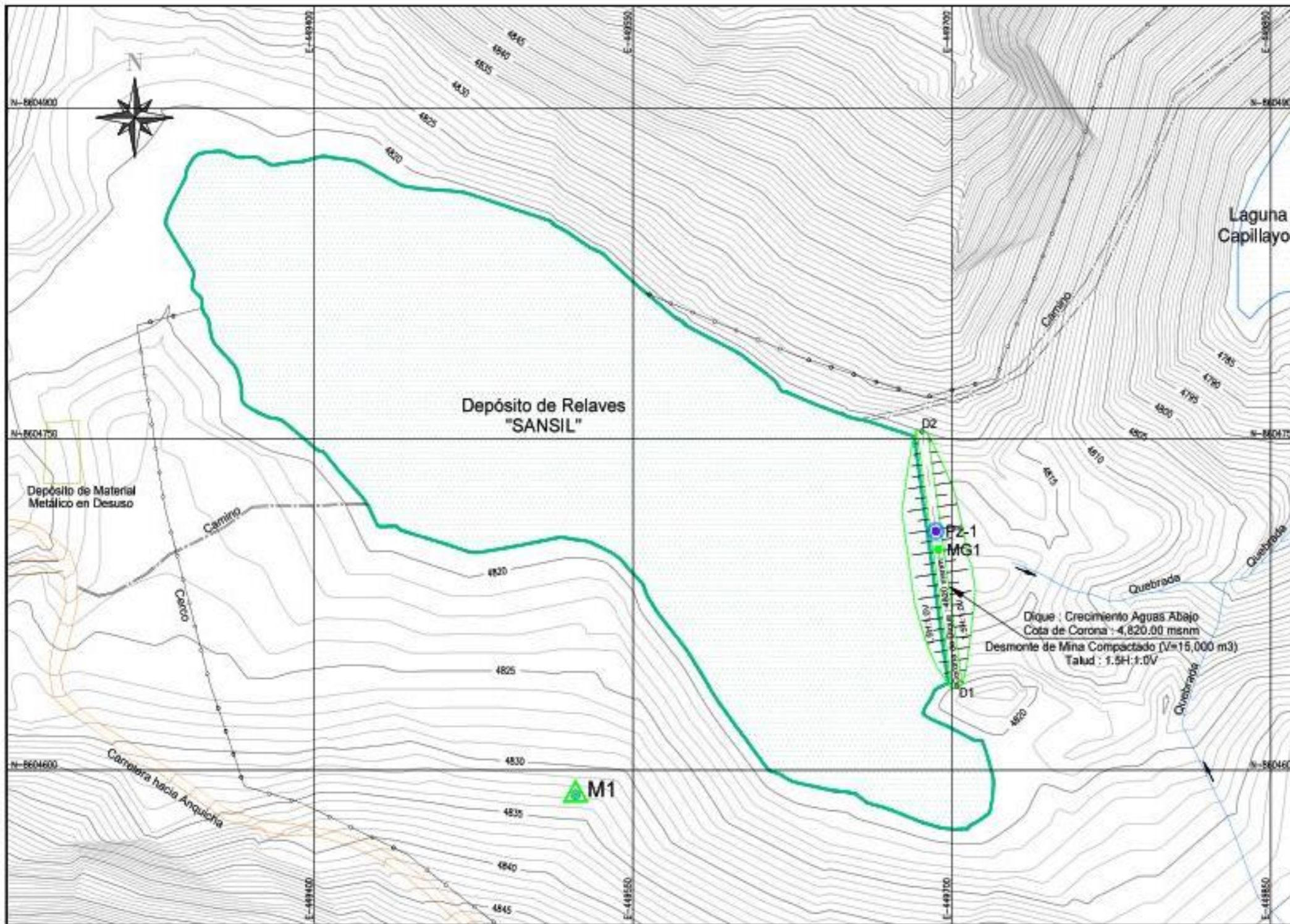
Ubicación de Depósito (UTM-PSAD 56)			
Punto	Coordenadas		Cota (mnm)
	Norte	Este	
P	8'605,115.00	449,790.00	4,814.00

ESCALA GRÁFICA
(De arriba)
1:1000
1 cm = 10 m

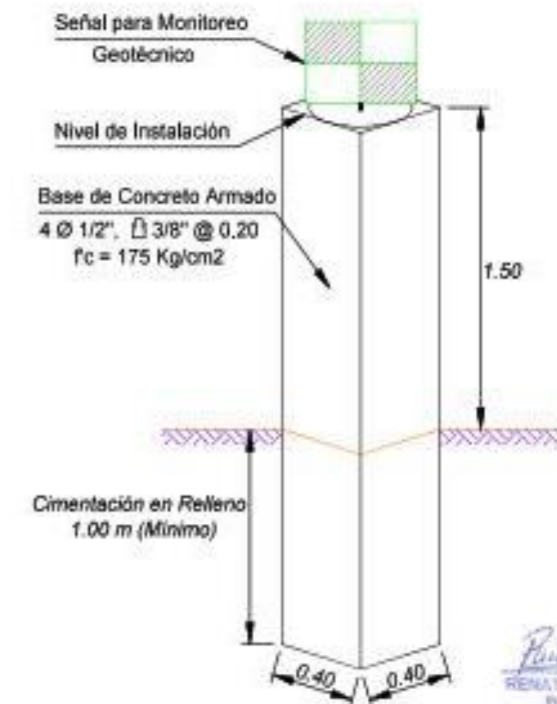
Crecimiento de Depósito de Relaves "SANSIL"
Área = 54,520 m ²
Volumen (Relave Grueso y Fino) = 782,000 m ³

Renato Ocarina Mejía
INGENIERO CIVIL
Reg. CO-87-83199

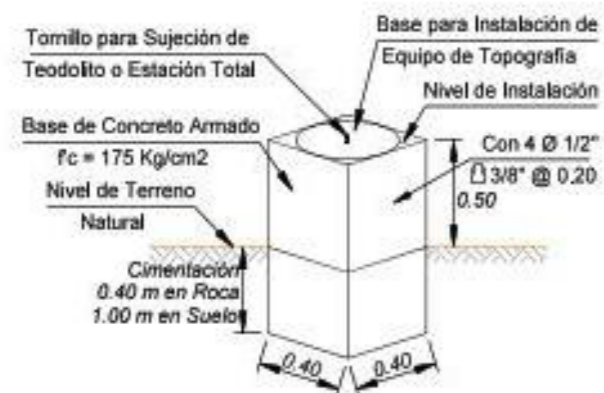
DLM DLM INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.				SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.			
PROYECTO: DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES - CONCESIÓN DE BENEFICIO SANSIL				PROYECTO: DISEÑO DEL DEPÓSITO DE RELAVES - CONCESIÓN DE BENEFICIO SANSIL			
PLAZO: PLANO DE UBICACIÓN, TOPOGRAFÍA E INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS				PLAZO: PLANO DE UBICACIÓN, TOPOGRAFÍA E INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS			
UBICACIÓN: BOGOTÁ	NOMBRE: S.A.	FECHA: 11/10/17	UBICACIÓN: BOGOTÁ	NOMBRE: S.A.	FECHA: 11/10/17	UBICACIÓN: BOGOTÁ	NOMBRE: S.A.
DISEÑO: S.A.	NOMBRE: S.A.	FECHA: 11/10/17	DISEÑO: S.A.	NOMBRE: S.A.	FECHA: 11/10/17	DISEÑO: S.A.	NOMBRE: S.A.
ÁREA DE OBRAS: S.A.	NOMBRE: S.A.	FECHA: 12/10/17	ÁREA DE OBRAS: S.A.	NOMBRE: S.A.	FECHA: 12/10/17	ÁREA DE OBRAS: S.A.	NOMBRE: S.A.
DIRECCIÓN: Carrera 4ta				DIRECCIÓN: Carrera 4ta			
PREPAREDADO: Sr. Franco Pardo Mejía (S-12345)				PREPAREDADO: Sr. Franco Pardo Mejía (S-12345)			
ESCALA: 1:1000				ESCALA: 1:1000			
CÓDIGO DE PLANO: 080-0-01				CÓDIGO DE PLANO: 080-0-01			
P-03				P-03			



Detalle de Piezómetro
Escala : 1 / 50



Punto de Monitoreo Geotécnico
Escala : 1 / 50



Punto de Control Topográfico Estable
Escala : 1 / 50

Punto	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
EH*	8'605,347.75	449,420.74	4,844.52
DIC*	8'604,863.89	449,421.31	4,846.79
M*	8'605,061.68	449,021.65	4,833.28
M1	8'604,956.90	449,746.71	4,834.58

* Fuera del Límite del Plano

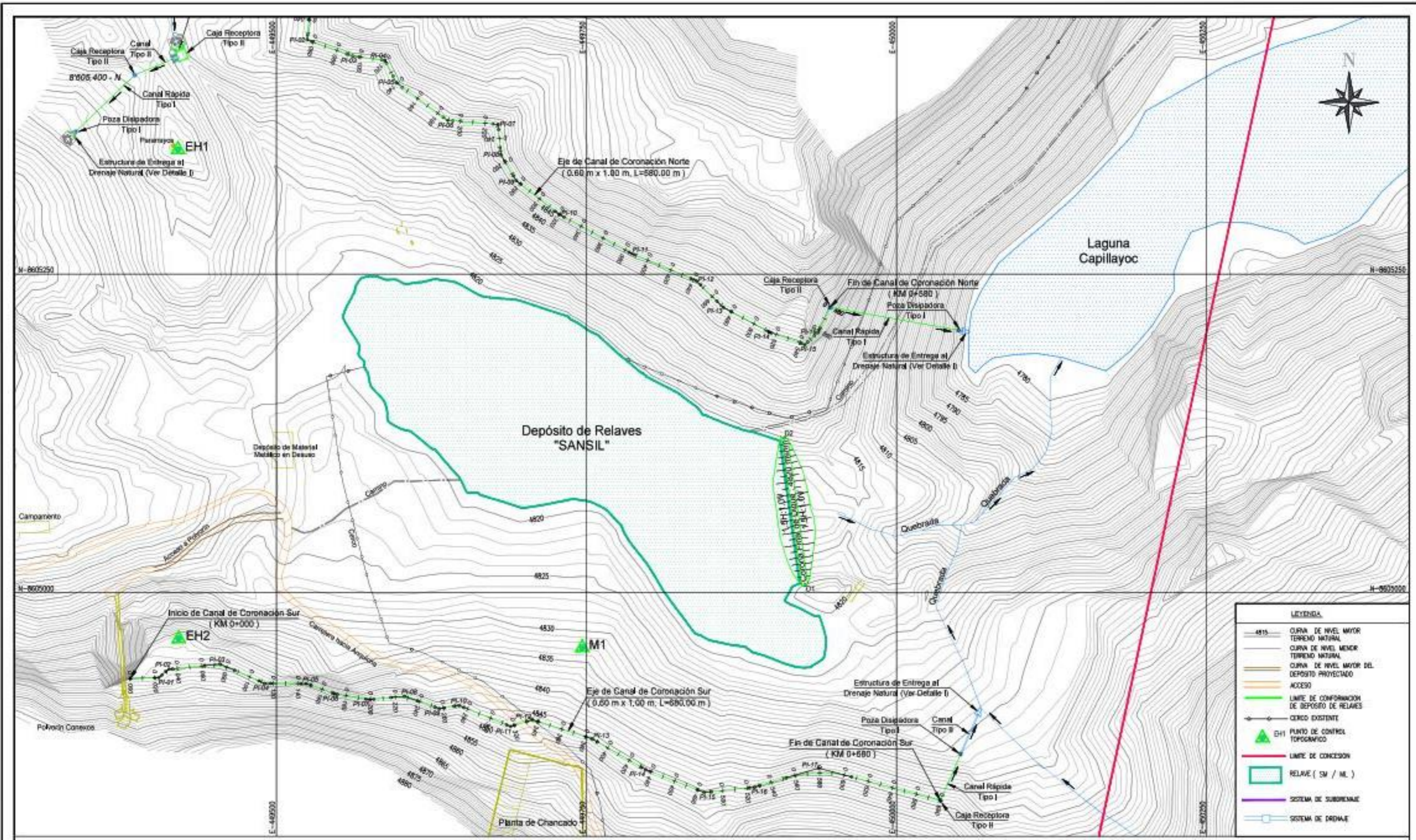
Piezómetros Hidráulicos			
Punto	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
Pz-1	8'605,076.36	449,916.09	4,820.00

Puntos de Monitoreo Geotécnico			
Punto	Coordenadas		Cota (msnm)
	Norte	Este	
MG1	8'605,067.90	449,917.30	4,820.00

LEYENDA

- 480 — CURVA DE NIVEL MAYOR TERRENO NATURAL
- 480 — CURVA DE NIVEL MENOR TERRENO NATURAL
- 480 — CURVA DE NIVEL MAYOR DEL DEPOSITO PROYECTADO
- 480 — ACCESO
- 480 — LIMITE DE CONFORMACION DE DEPOSITO DE RELAVES
- 480 — CERCO EXISTENTE
- ▲ EH1 PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- 480 — LIMITE DE CONCESION
- RELAVE (SM / ML)
- 480 — SISTEMA DE SANEAMIENTO
- Pz-1 PIEZOMETRO HIDRAULICO DE PVC DE # 2"
- MG1 HRD DE CONCRETO PARA MONITOREO

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.				PROYECTO: DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES - CONCESION DE BENEFICIO SANSIL			
DUM INGENIEROS Y CONSULTORES S.A.				PLANO: INSTRUMENTACION GEOTECNICA			
ELABORACION	NOMBRE	FECHA	REVISOR	FECHA	DIRECCION	PROYECTISTA	OPORTO
DISEÑO	NSA	11/01/17	NSA	NSA	Chango	NSA	NSA
REVISOR	NSA	11/01/17	NSA	NSA	Ing. Francisca Patricia Melis (CIP 12881)	NSA	NSA
DATE DE HORA	SACD	12/01/17	NSA	NSA	ESCALA:	1:2000	NO DE PLANO: P-04



LEYENDA

- CURVA DE NIVEL MAYOR TERRENO NATURAL
- CURVA DE NIVEL MENOR TERRENO NATURAL
- CURVA DE NIVEL MAYOR DEL DEPOSITO PROYECTADO
- ACCESO
- LIMITE DE CONFORMACION DE DEPOSITO DE RELAVES
- CERCO EXISTENTE
- EH1 PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- LIMITE DE CONCESION
- RELAVE (SM / ML)
- SISTEMA DE SUBDRENAMIE
- SISTEMA DE DRENAMIE

- NOTAS :**
- EL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO FUE PROPORCIONADO POR SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 - EL TALUD DEBERA SER EXCAVADO DE ACUERDO CON LOS REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD, LAS CONDICIONES DEL SUELO Y SEGUN SEA DETERMINADO Y APROBADO POR EL PROPIETARIO.
 - LAS TERMINACIONES DE TUBERIAS DE SUBDRENAMIE DEBERAN CERRARSE CON TAPAS DE HOPE SUMINISTRADAS POR EL FABRICANTE DE TUBERIAS.
 - LAS ESCALAS SE MOSTRARAN COMO REALES EN PLANOS IMPRESO EN A2.

OBRA DE DRENAMIE	
DESCRIPCION	CANTIDAD
CANAL DE CORONACION NORTE	580.00 ml
CANAL DE CORONACION SUR	680.00 ml
CANAL TIPO II	80 ml
CANAL RAPIDA TIPO I	220 ml
CAJA RECEPTORA TIPO I	04 und
POZA DISIPADORA TIPO I	03 und
ESTRUCTURA DE ENTREGA	03 und
ESTRUCTURA DE CAPTACION	01 und

Canal de Coronación Norte (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas	Cota (metros)	
	Norte	Este	
Inicio (KM 0+000)	8'605,489.08	449,521.06	4,848.50
Final (KM 0+580)	8'605,223.85	449,346.57	4,842.70

Canal de Coronación Sur (UTM - PSAD 56)			
Punto	Coordenadas	Cota (metros)	
	Norte	Este	
Inicio (KM 0+000)	8'604,932.52	449,382.19	4,848.50
Final (KM 0+680)	8'604,836.85	450,035.38	4,841.70

Puntos de Referencia (UTM - PSAD 56)

Punto	Coordenadas	Cota (metros)	
	Norte	Este	
EH1*	8'605,347.75	449,420.74	4,844.52
EH2*	8'604,963.89	449,421.31	4,846.79
M*	8'605,061.68	449,021.63	4,833.28
M1	8'604,956.90	449,746.71	4,834.58

* Fuera del Límite del Plano

ESCALA GRAFICA
(En metros)

1:2000
ANTERA DE COLOCACION: 100x100x100 mm
MATERIAL: 100x100x100 mm

REHATO OCANA MEJIA
INGENIERO CIVIL
REG. CO. 4748100

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.

PROYECTO: DISEÑO DEL DEPOSITO DE RELAVES - CONCESION DE BARRIO SANGA

PLANO: SISTEMA DE DRENAMIE SUPERFICIAL, CANAL DE CORONACION NORTE Y SUR, Y ESTRUCTURAS CONEXAS

ELABORACION	RODRIGO	FECHA	11/05/17	SECCION	01
DISEÑO	RODRIGO	FECHA	11/05/17	LAJUNA	002-04
REVISADO	ING. FRANCIS PATRICIA MORA	FECHA	12/05/17	CIENA	10

PROYECTO: Drenaje del depósito de relaves - concesión de Barrio Sanga

PLANO: SISTEMA DE DRENAMIE SUPERFICIAL, CANAL DE CORONACION NORTE Y SUR, Y ESTRUCTURAS CONEXAS

CIENFUEGOS: Donga Alta

PROYECTANTE: Ingepro

OPCIÓN: A

FECHA: Julio

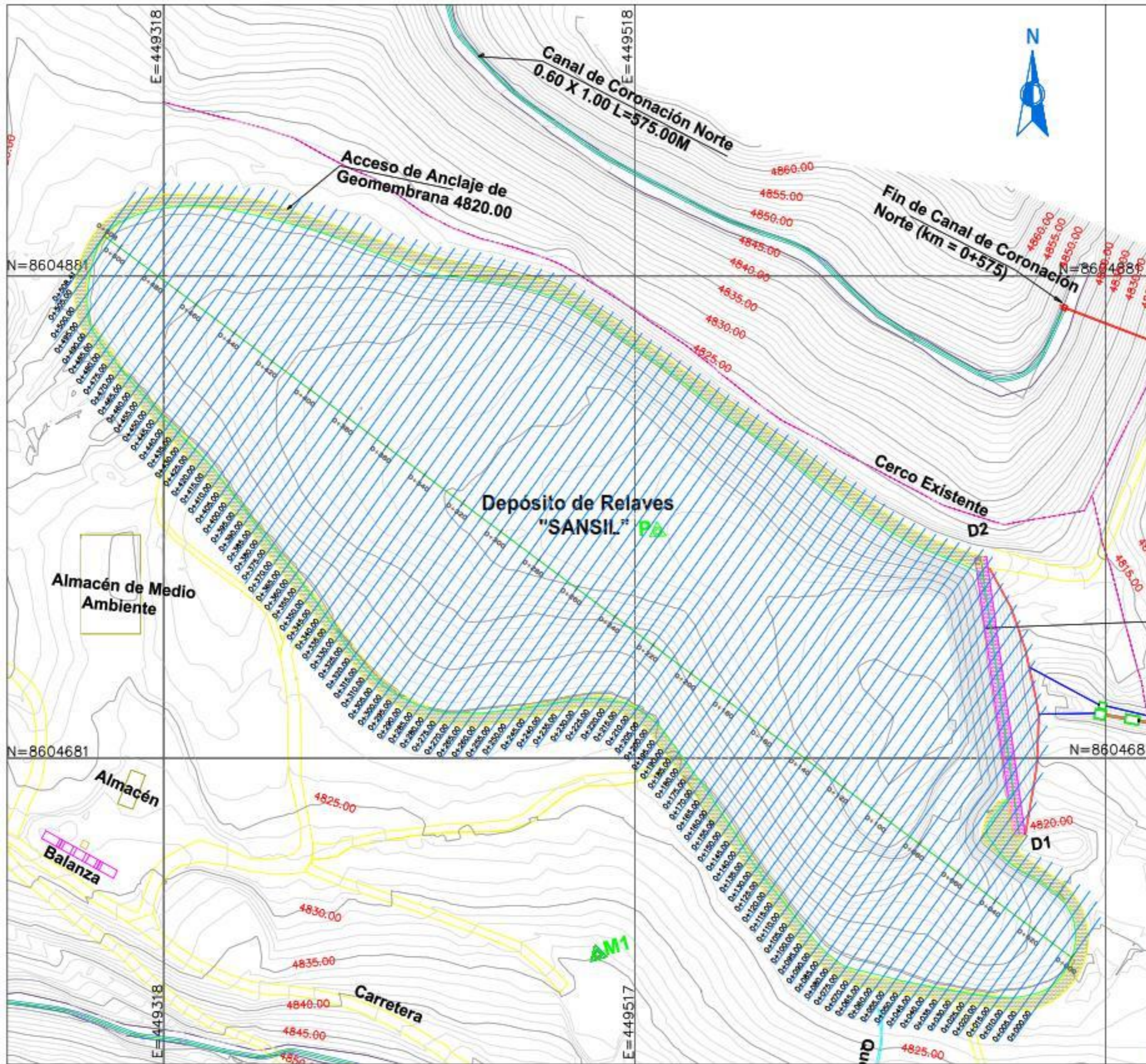
NO. DE PLANO: P-05

REVISADO: Ing. Francis Patricia Mora

OPCIÓN: 12/05/17

ESCALA: 1:2000

COOD. DE PLANO: 002-004-008



LEYENDA

- Carretera
- Curvas de nivel de la superficie de terreno existente
- Punto de control topográfico
- Área de Depósito de Relaves
- Corona de Dique 4820.00
- Canal de Coronación Norte y Sur
- Cerco Existente
- Progresivas

Control Topográficos (UTM, WGS 84 Datum)

Coordenadas			
PTO.	NORTE	ESTE	COTA
MI	8604599.58	449502.16	4834.58
EHI	8604990.68	449176.19	4844.40

Ubicación de Depósito (UTM-WGS 84)

Coordenadas			
Punto	Norte	Este	cota
P	8604775.03	449527.70	4812.50

Crecimiento de Depósito de Relaves "SANSIL"

Área = 54,550m²
 Volumen (Relave = 209,168.20m³)

- Notas:
- 1) Las Coordenadas UTM están Referidas al Datum Horizontal Provisional. (WGS84)
 - 2) Cuadrícula UTM.200 Metros Zona UTM. S10.
 - 3) El Levantamiento Topográfico fue Realizado por CAMAING.
 - 4) Las Coordenadas de los Puntos de Referencia Fue Proporcionado por SAN ANTONIO DE SILVER SRL.
 - 5) Las Cotas son Absolutas o Referidas al Nivel Medio del Mar (m.s.n.m.)

Solidaria:
COMPañIA MINERA SAN VALENTÍN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL" Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano:

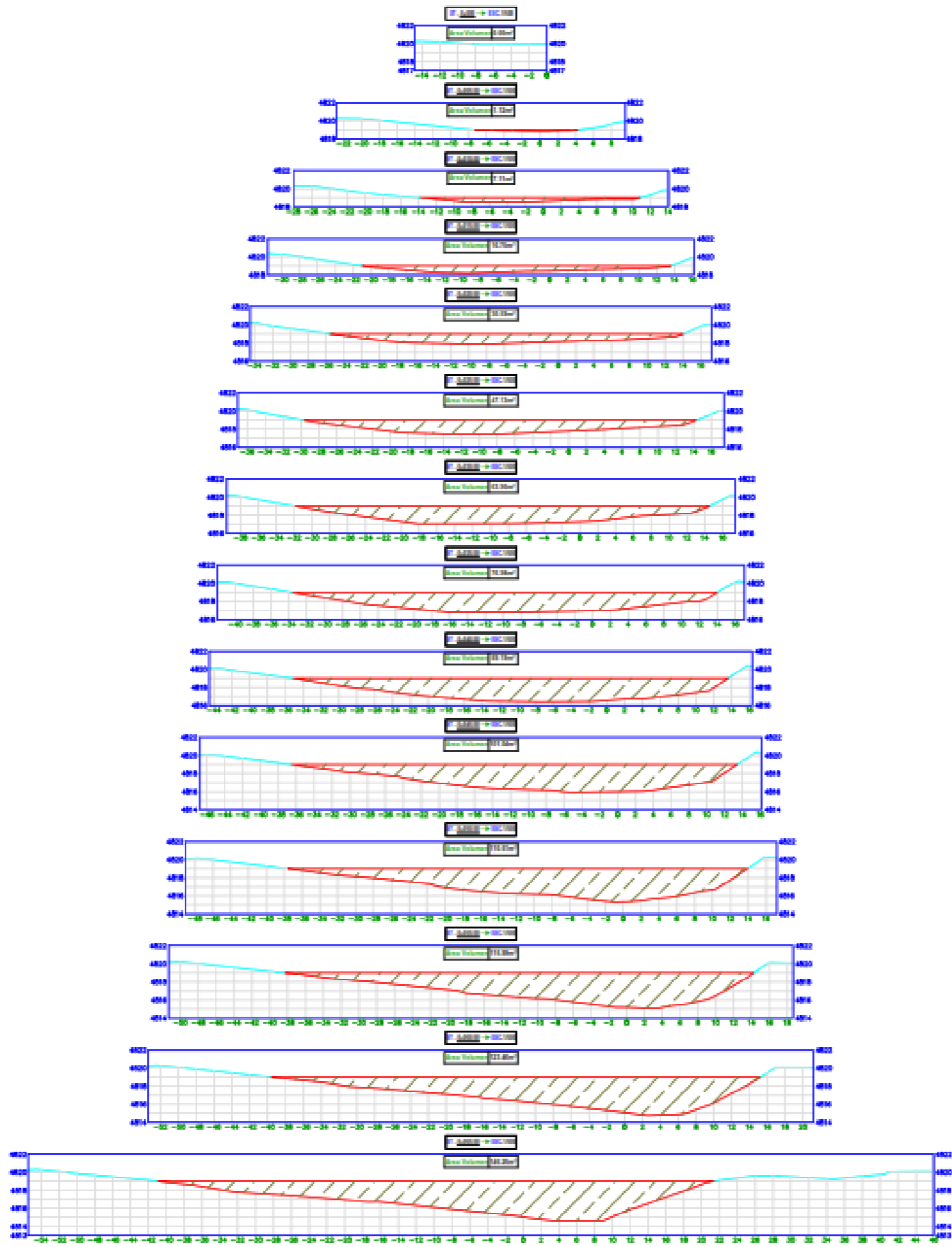
Ubicación: Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, Departamento de Junín - Huancavelica. **PPV-01**

Descripción: Plano en Planta Para de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

CARLOS MONCHÓN ATENCIO

Preparado por: Carlos Monchón Atención C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 2500 Fecha: Agosto, 2016 Dibujo: E.C.V Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+000	0.00	0.00	
0+050	1.12	5.00	2.80
0+100	7.11	5.00	20.58
0+150	16.75	5.00	59.65
0+200	30.59	5.00	118.35
0+250	47.13	5.00	194.30
0+300	63.90	5.00	277.58
0+350	76.98	5.00	352.20
0+400	89.19	5.00	415.43
0+450	101.04	5.00	475.58
0+500	110.51	5.00	528.88
0+550	116.00	5.00	566.28
0+600	123.46	5.00	598.65
0+650	146.25	5.00	674.28

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPANÍA MINERA SAN VALENTIN S.A.

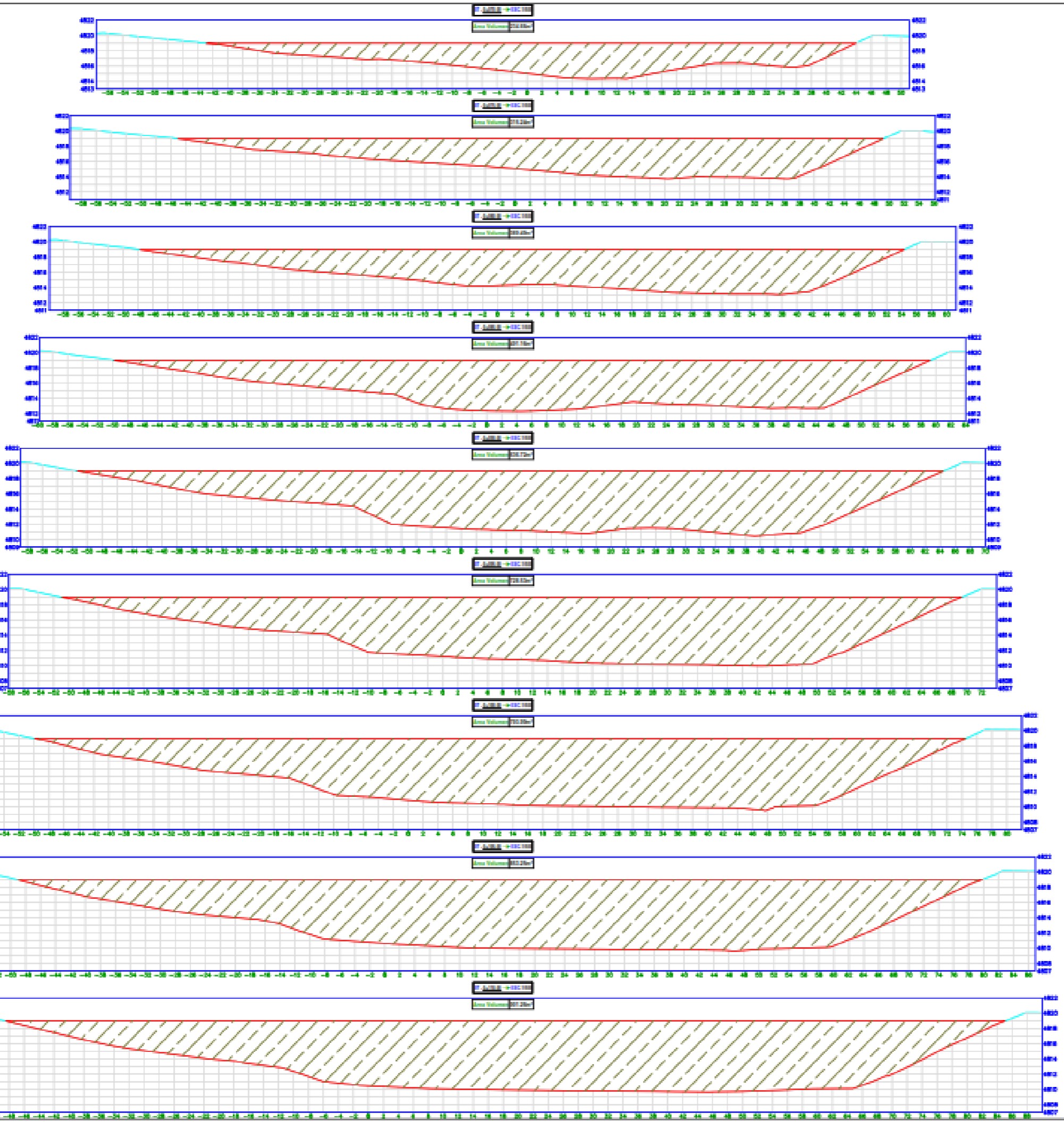
Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano:
Ubicación: Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Aobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, Departamento de Junín - Huancavelica. **ST-01**

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

 **CARLOS MONCHÓN ATENCIO**

Preparado por: Carlos Monchón Atención C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500 Fecha: Agosto, 2018 Dibujo: E.C.V Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+070	234.66	5.00	952.28
0+075	315.24	5.00	1374.75
0+080	389.49	5.00	1761.83
0+085	491.16	5.00	2201.63
0+090	636.72	5.00	2819.70
0+095	728.53	5.00	3413.13
0+100	793.99	5.00	3806.30
0+105	853.25	5.00	4118.10
0+110	901.26	5.00	4386.28

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 ml. Plano:

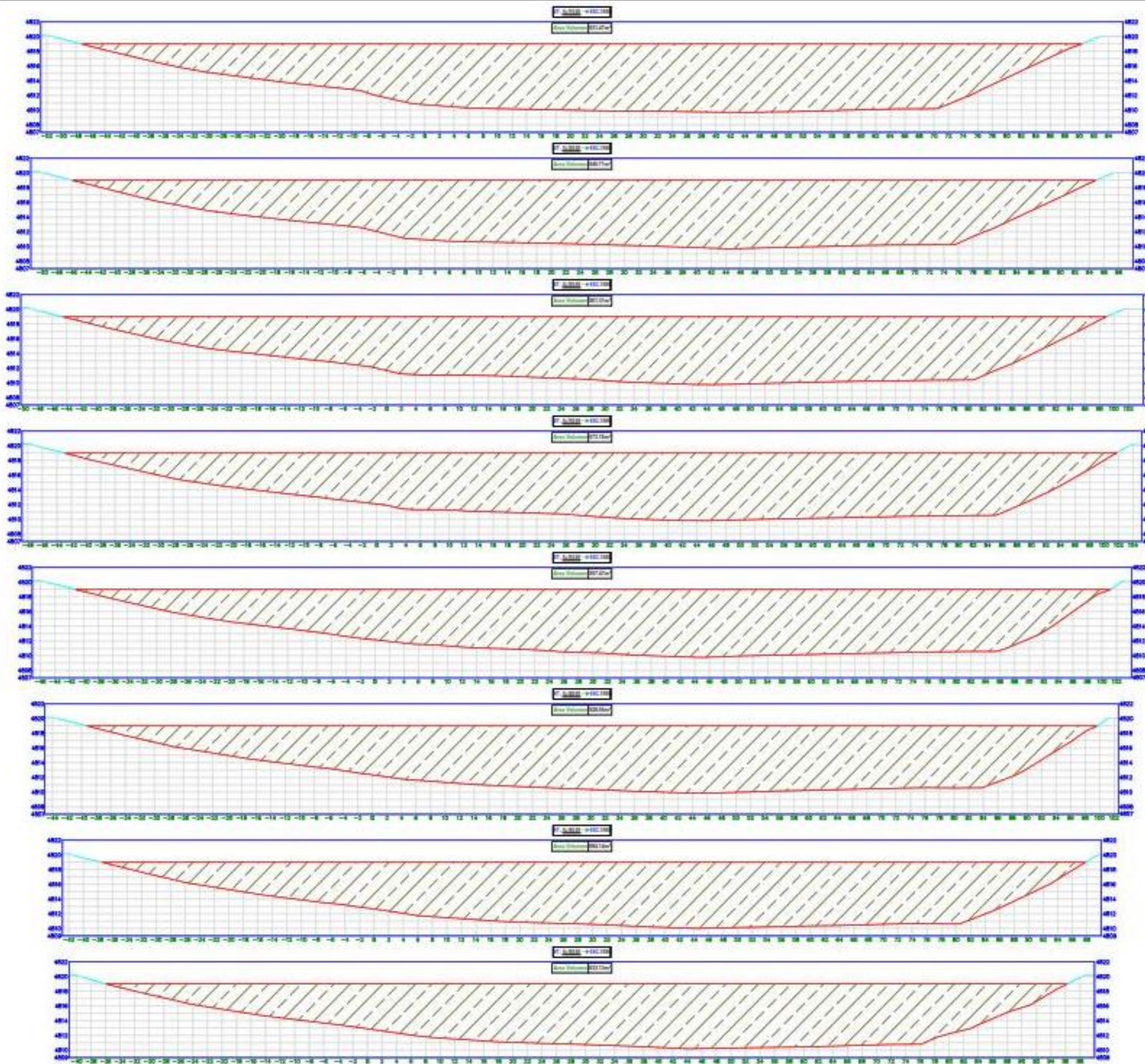
Ubicación: Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, Departamento de Junín - Huancavelica. **ST-02**

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

 **CARLOS MONCHÓN ATENCIO**

Preparado por: Carlos Monchón Atención C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500 Fecha: Agosto, 2018 Dibujo: E.C.V Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+115	931.47	5.00	4581.83
0+120	945.71	5.00	4692.95
0+125	961.31	5.00	4767.55
0+130	973.16	5.00	4836.18
0+135	957.47	5.00	4826.58
0+140	928.55	5.00	4715.05
0+145	884.14	5.00	4531.73
0+150	833.13	5.00	4293.18

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

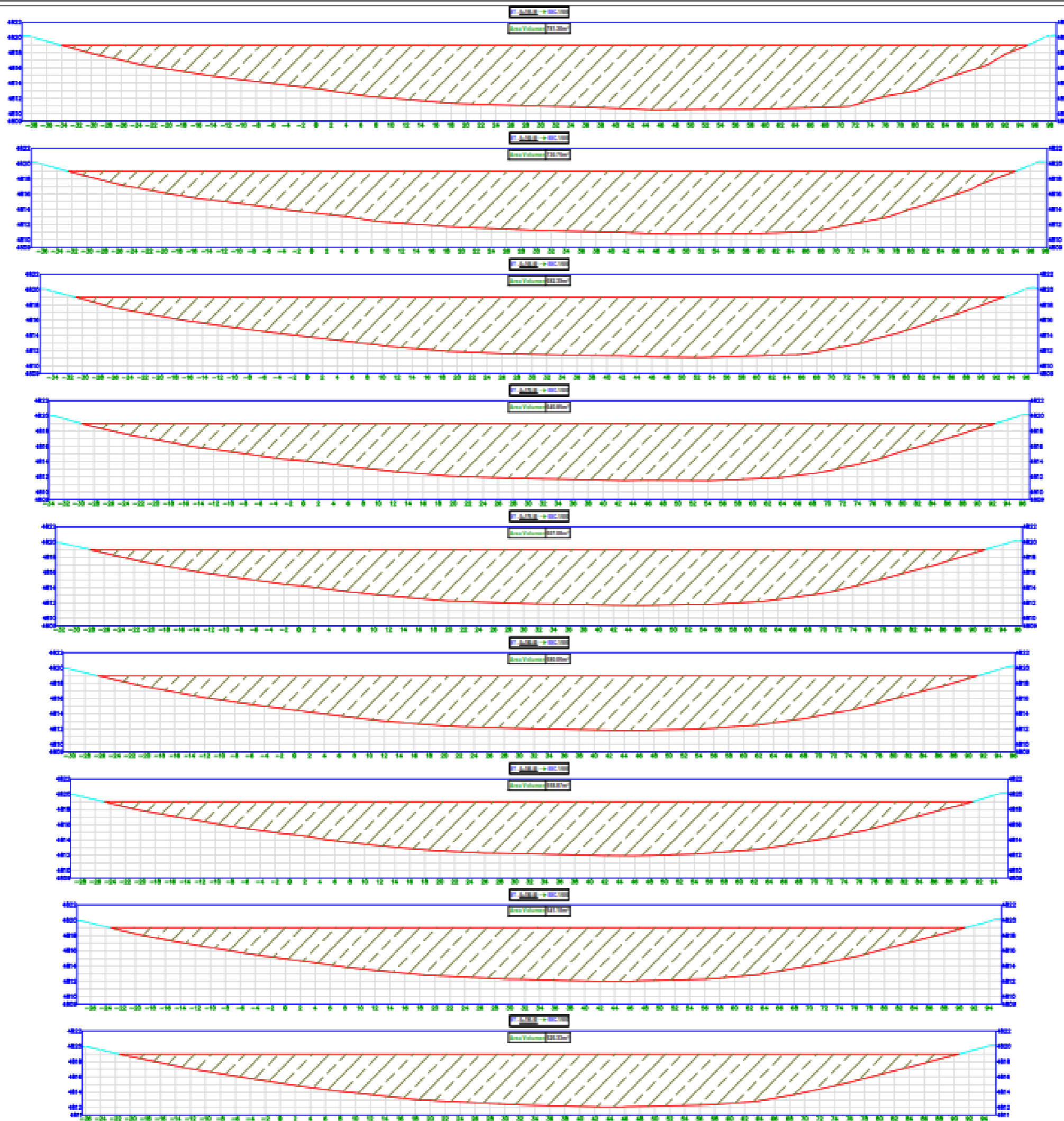
Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL",
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano:
ST-03

Lugar: Construcción de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongta Alto,
Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica,
Departamento de Junín - Huancavelica.

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

Preparado por: Carlos Monchón Atención C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500 Fecha: Agosto, 2018 Dibujo: E.C.V. Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+155	81.30	5.00	2286.08
0+160	730.75	5.00	2030.13
0+165	682.39	5.00	3532.85
0+170	640.85	5.00	3308.10
0+175	607.08	5.00	3119.83
0+180	580.05	5.00	2967.83
0+185	558.87	5.00	2847.30
0+190	541.10	5.00	2749.93
0+195	526.33	5.00	2668.58

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano:

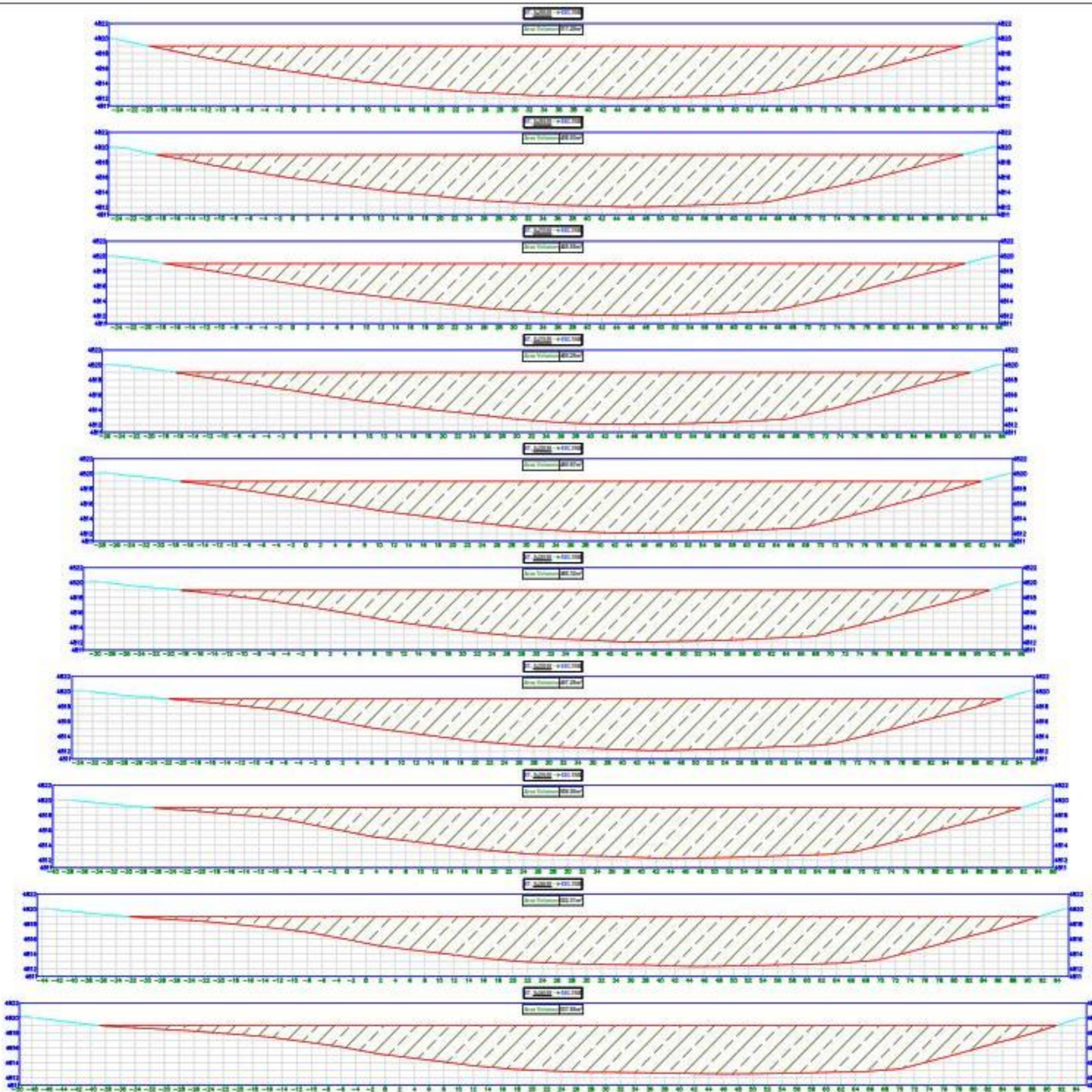
Ubicación: Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica,
Departamento de Junín - Huancavelica. **ST-04**

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

 **CARLOS MONCHÓN ATENCIO**

Preparado por: Carlos Monchón Atención C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500	Fecha: Agosto, 2015	Dibujo: E.C.V	Revisión: CAMA ING.
--------------------	------------------------	------------------	------------------------



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
O+200	511.49	5.00	2594.55
O+205	498.03	5.00	2523.80
O+210	485.69	5.00	2459.30
O+215	480.29	5.00	2414.95
O+220	480.87	5.00	2402.90
O+225	486.32	5.00	2417.98
O+230	497.28	5.00	2459.00
O+235	508.90	5.00	2515.45
O+240	522.31	5.00	2578.03
O+245	537.89	5.00	2650.50

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPANIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt

Ubicación: Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto, Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, Departamento de Junín - Huancavelica.

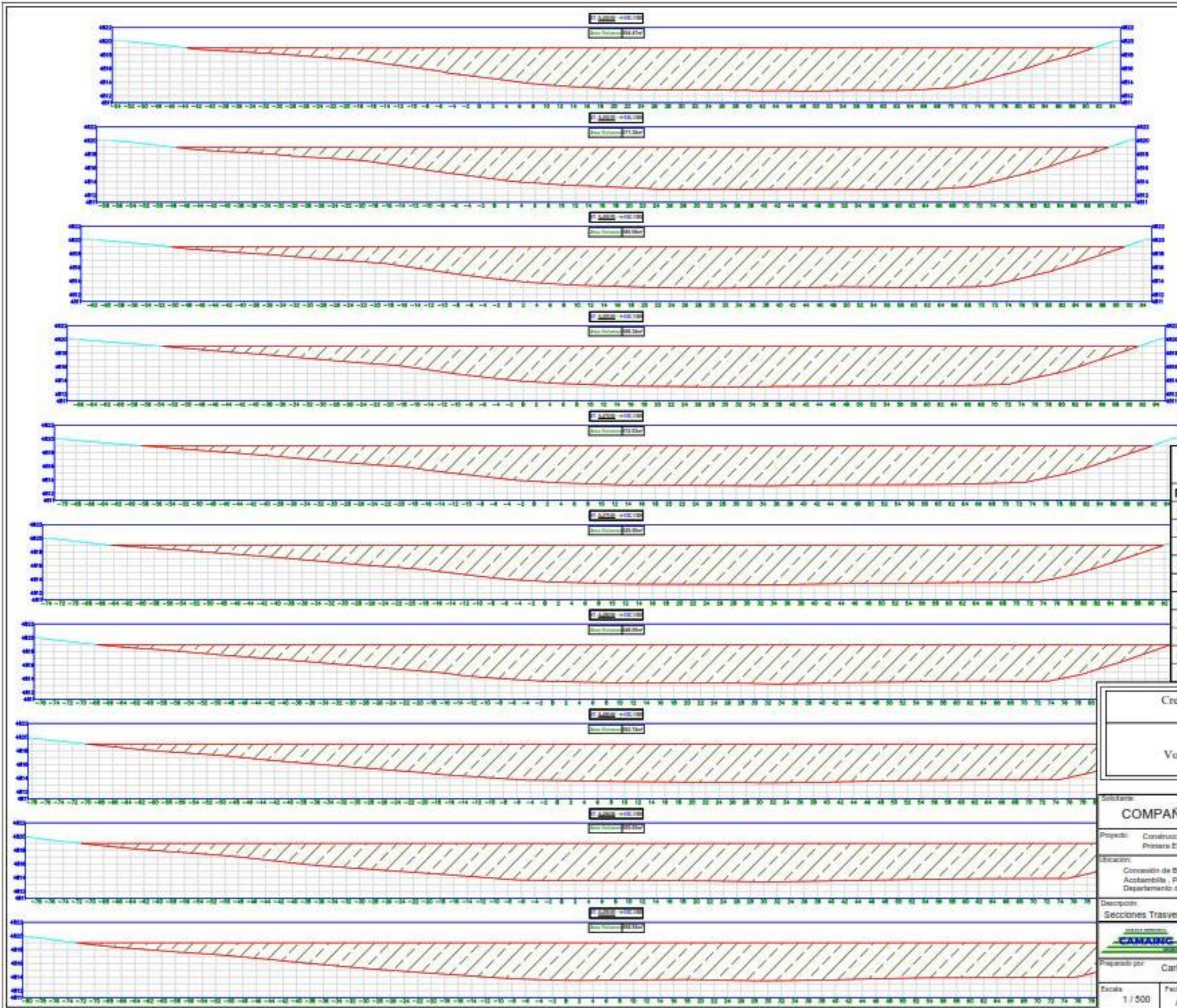
Plano:
ST-05

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

Preparado por: Carlos Monchón Atención
C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500
Fecha: Agosto, 2010
Dibujo: E.C.V.
Revisión: CAMA ING.

CAMA INC.
CARLOS MONCHÓN ATENCIO



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+250	554,47	5,00	2730,90
0+255	571,38	5,00	2814,63
0+260	585,68	5,00	2892,65
0+265	598,34	5,00	2960,05
0+270	612,63	5,00	3027,43
0+275	629,50	5,00	3105,33
0+280	648,00	5,00	3193,75
0+285	662,74	5,00	3276,85
0+290	669,65	5,00	3330,98
0+295	668,55	5,00	3345,50

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPAÑÍA MINERA SAN VALENTÍN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa. Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt.

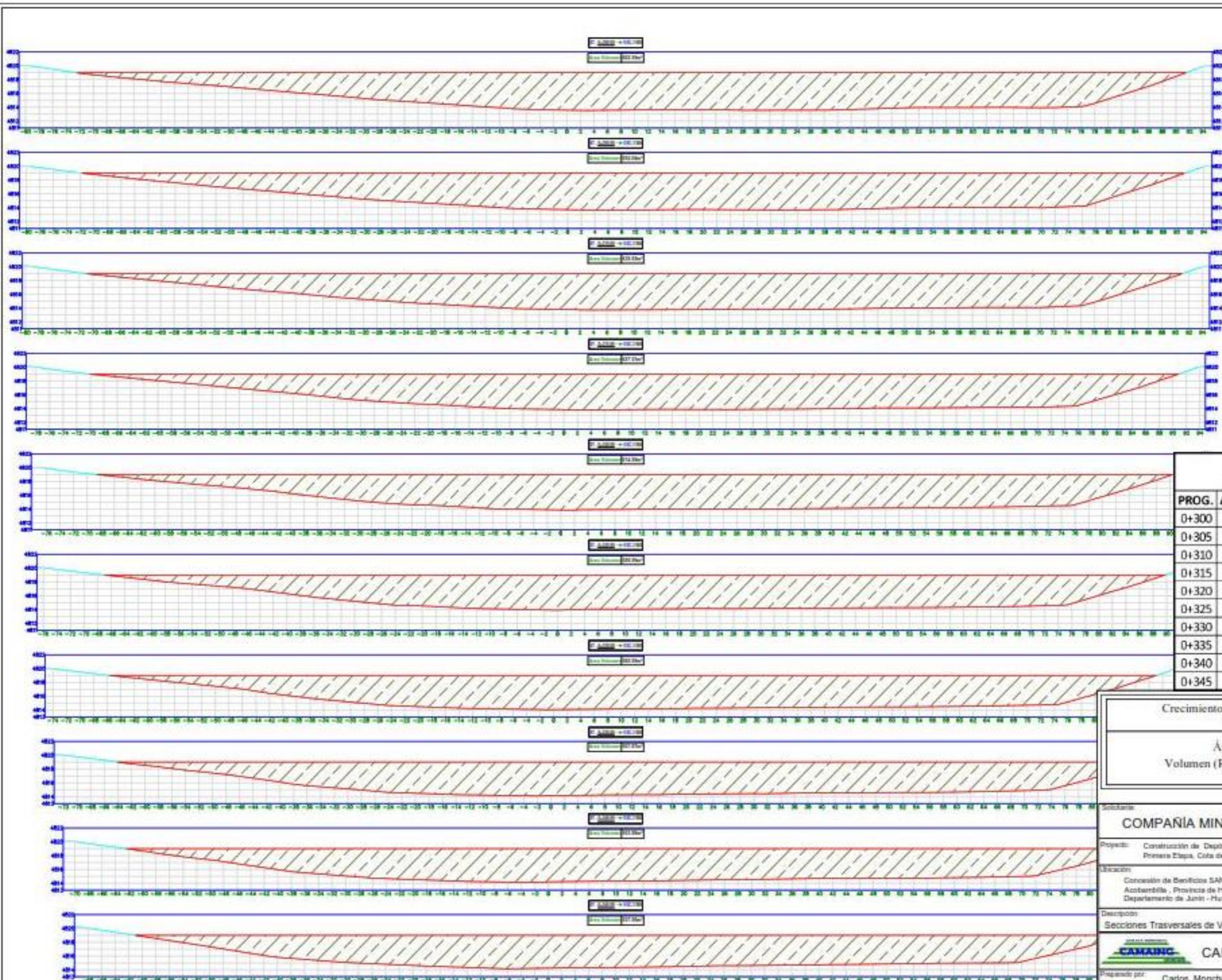
Ubicación:
Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Acochambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica,
Departamento de Junín - Huancavelica.

Plano:
ST-06

Elaborado por:
CARLOS MONCHÓN ATENCIO

Preparado por: Carlos Monchón Atencio C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500 Fecha: Agosto, 2018 Dibujo: E.C.V. Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+300	662.55	5.00	3327.75
0+305	652.04	5.00	3286.48
0+310	639.93	5.00	3229.93
0+315	627.51	5.00	3168.60
0+320	614.99	5.00	3106.25
0+325	599.95	5.00	3037.35
0+330	582.95	5.00	2957.25
0+335	567.87	5.00	2877.05
0+340	553.96	5.00	2804.58
0+345	537.00	5.00	2727.40

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Sociedad:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano: **ST-07**

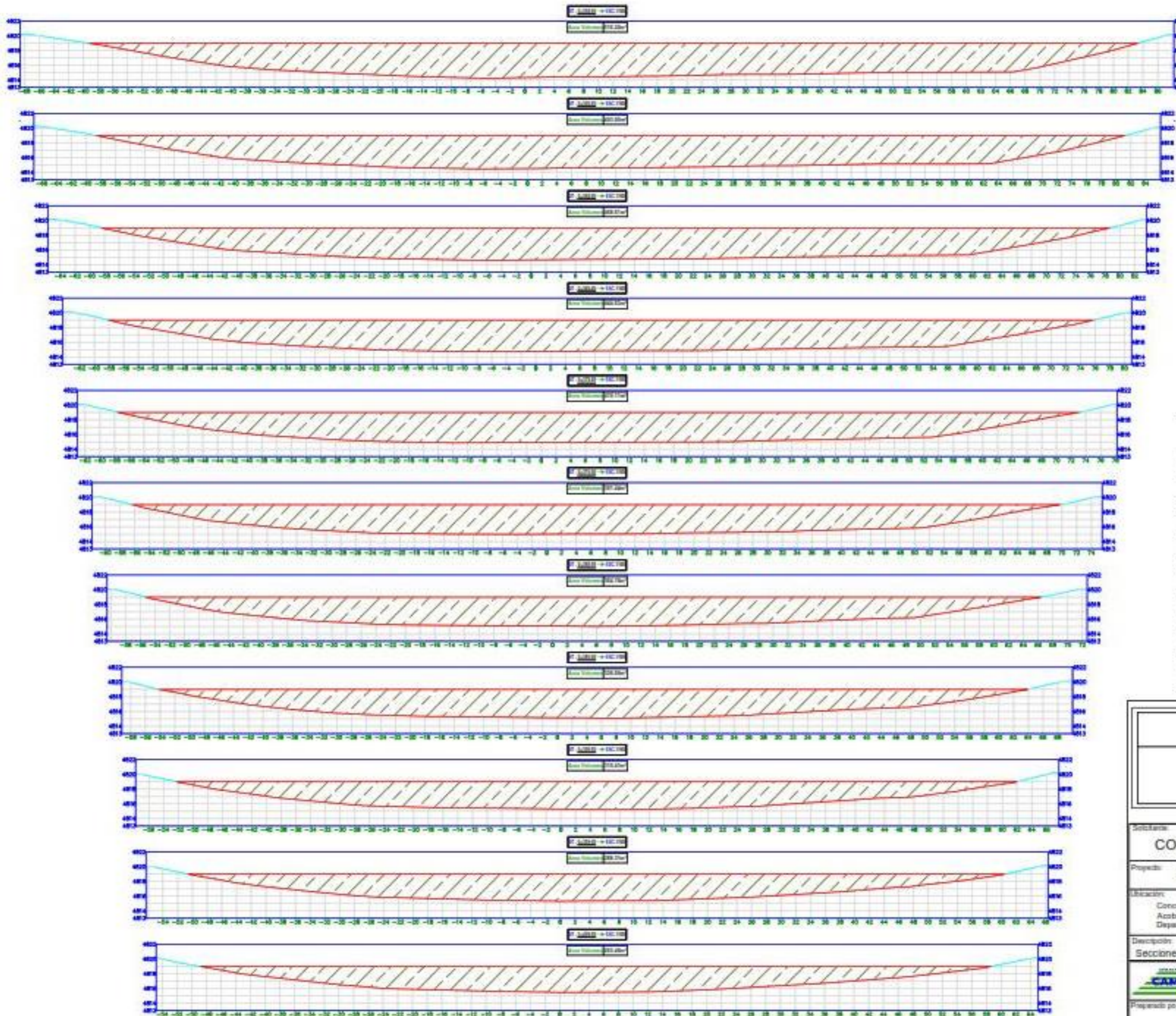
Ubicación: Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica,
Departamento de Junín - Huancavelica.

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

Elaborado por: **CAMANC** CARLOS MONCHÓN ATENCIO

Preparado por: Carlos Monchón Atencio C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500	Fecha: Agosto, 2018	Dibujo: E.C.V	Revisión: CAMA ING.
-----------------	---------------------	---------------	---------------------



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+350	516.22	5.00	2633.05
0+355	493.00	5.00	2523.05
0+360	468.61	5.00	2404.03
0+365	444.63	5.00	2283.10
0+370	419.11	5.00	2159.35
0+375	391.44	5.00	2026.38
0+380	364.16	5.00	1889.00
0+385	336.65	5.00	1752.03
0+390	310.41	5.00	1617.65
0+395	288.31	5.00	1496.80
0+400	263.40	5.00	1379.28

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Sociedad:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt.

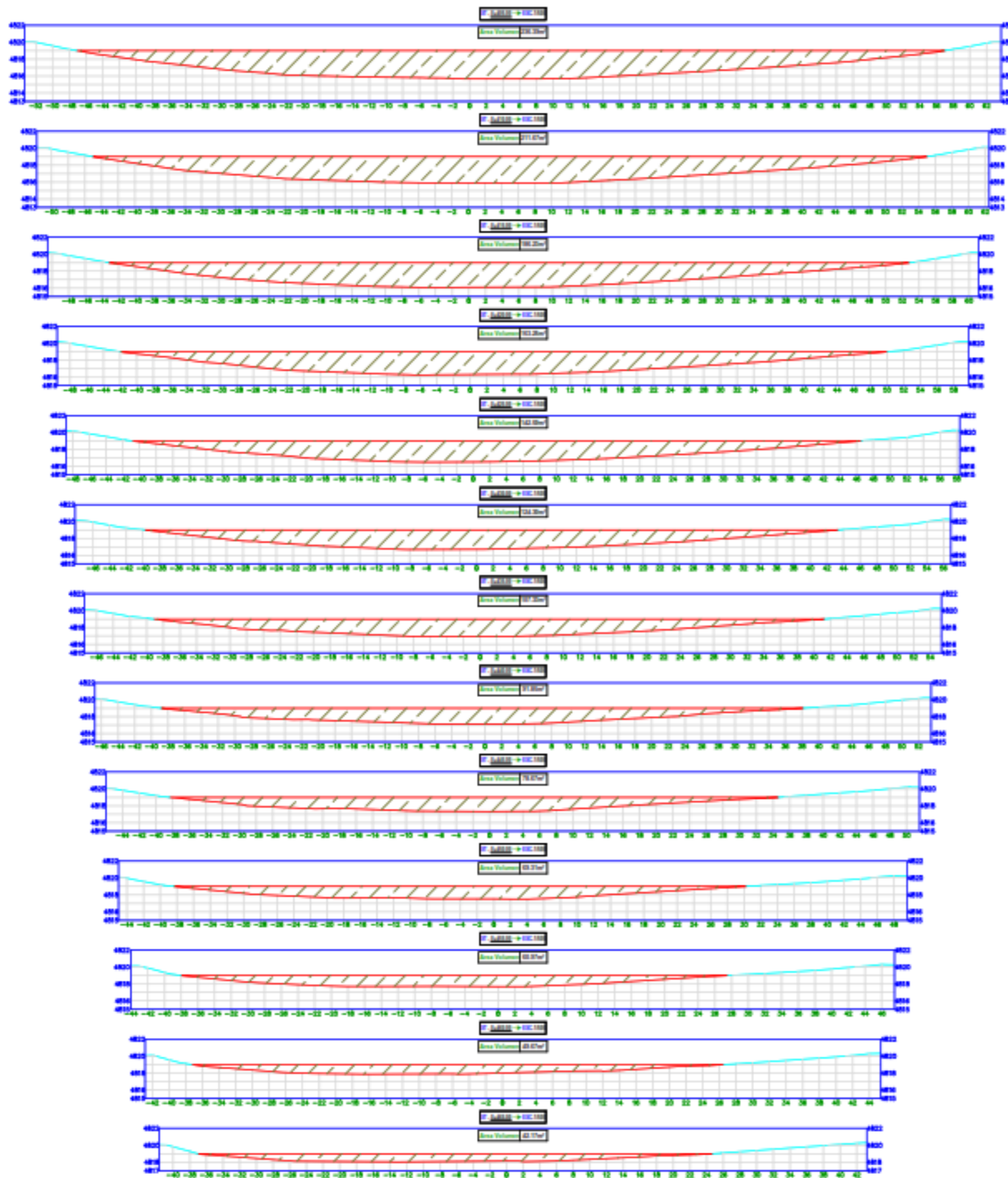
Ubicación: Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica,
Departamento de Junín - Huancavelica.

Plano:
ST-08

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

Preparado por: Carlos Monchón Atencio
C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500
Fecha: Agosto, 2018
Dibujó: E.C.V
Revisó: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+405	236.39	5.00	1249.48
0+410	211.67	5.00	1120.15
0+415	186.23	5.00	994.75
0+420	163.25	5.00	873.70
0+425	142.59	5.00	764.60
0+430	124.30	5.00	667.23
0+435	107.33	5.00	579.08
0+440	91.85	5.00	497.95
0+445	78.67	5.00	426.30
0+450	69.31	5.00	369.95
0+455	60.97	5.00	325.70
0+460	49.67	5.00	276.60
0+465	42.17	5.00	229.60

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:
COMPAÑIA MINERA SAN VALENTIN S.A.

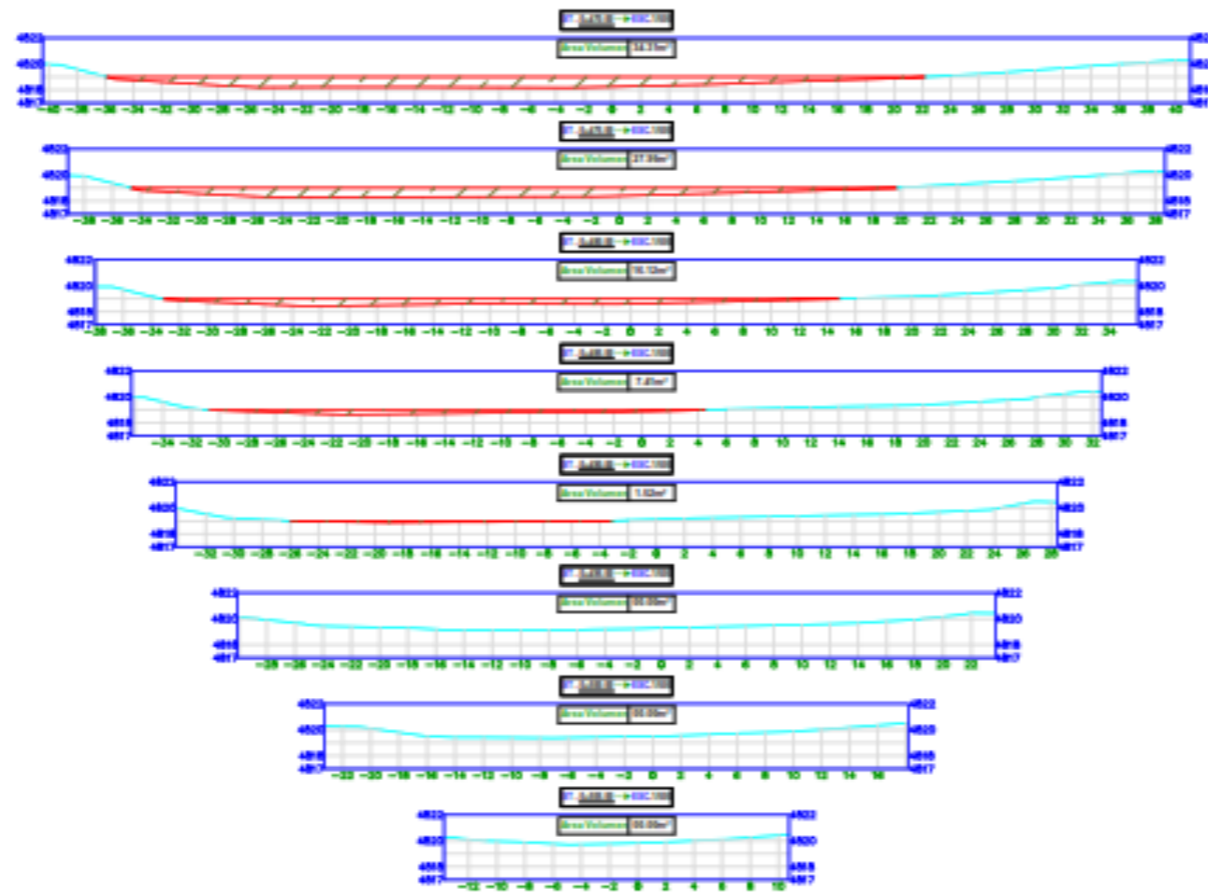
Proyecto: Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL"
Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt. Plano:

Ubicación: Concesión de Beneficios SANSIL, Distrito de Chongos Alto
Azcambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, **ST-09**
Departamento de Junín - Huancavelica.

Descripción:
Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"

Preparado por: Carlos Monchón Atencio C.I.P. N° 47102

Escala: 1 / 500 Fecha: Agosto, 2018 Dibujo: E.C.V Revisión: CAMA ING.



VOLUMEN DE RELAVE (COTA 4819.00 m.s.n.m)			
PROG.	AREAS(M2)	DISTANCIA	VOL.(M3)
0+470	34.31	5.00	191.20
0+475	27.95	5.00	155.65
0+480	16.12	5.00	110.18
0+485	7.41	5.00	58.83
0+490	1.52	5.00	22.33
0+495	0.00	6.00	4.56
0+500	0.00	7.00	0.00
0+505	0.00	8.00	0.00

Crecimiento de Depósito de Relaves
"SANSIL"

Área = 54,550m²
Volumen (Relave = 209,168.20m³)

Solicitante:		COMPANÍA MINERA SAN VALENTÍN S.A.	
Proyecto:	Construcción de Depósito de Relaves "SANSIL" Primera Etapa, Cota de Corona 4820.00, H = 10.00 mt.	Plano:	ST-10
Ubicación:	Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto Acobambilla, Provincia de Huancayo - Huancavelica, Departamento de Junín - Huancavelica.		
Descripción: Secciones Transversales de Volúmenes del Depósito de Relaves "SANSIL"			
Preparado por:		CARLOS MONCHÓN ATENCIO	
Preparado por:		Carlos Monchón Atencio	C.I.P. N° 47102
Escala:	Fecha:	Dibujo:	Revisión:
1 / 500	Agosto, 2018	E.C.V	CAMA ING.

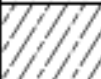


ANEXO N° 04

- Registro de Excavaciones.
- Registro de Sondajes.
- Resultados de Ensayos.
- Ensayo del Proctor Estándar.
- Ensayo de Compresión Triaxial.
- Cálculo “SANSIL”.
- Qcfc (Kulhawy) SANSIL.
- Qcfc (Muromachi) SANSIL.
- Panel Fotográfico.

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante :	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador :	Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto :	Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Revisado :	Ing. Jorge Diaz C.
Ubicación :	Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto- Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica	Fecha :	04 de Julio del 2017


EXCAVACION	C-2	Coordenadas :	N 8'605,099.03	E 449,811.42
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial :	4,813.00 m.s.n.m.	Profundidad Total : 3.00 metros
		Diámetro :	0.10 metros	Profundidad N.F. : 2.00 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			SP, grav	SP, %			
0.30	P	M-1				Suelo Orgánico (OH) Condición in Situ : blando, húmedo, color marrón oscuro.	OH
1.00	O S T E A	M-2				Arena Arcillo Limosa con Grava (SM-SC) : 34.90 % de grava fina a gruesa, 41.40 % de arena fina a gruesa, 23.70 % de finos plásticos (L.L. = 23.80 % ; L.P. = 19.50 %). Condición in Situ : suelta, húmeda, color marrón. Contenido de sales solubles totales igual a 0.300 %.	SM-SC
2.00	D				Nivel Freático ▽		
3.00	O R A						
4.00							
5.00							

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante :	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador :	Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto :	Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,	Revisado :	Ing. Jorge Diaz C.
	Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Fecha :	04 de Julio del 2017
Ubicación :	Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica		

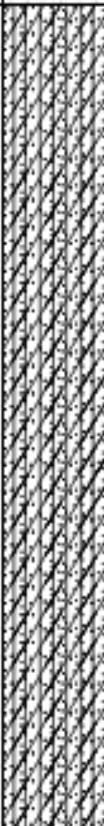
EXCAVACION	C-4	Coordenadas :	N 8'605,131.23	E 449,829.59
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial :	4,817.00 m.s.n.m.	Profundidad Total : 3.00 metros
		Diámetro :	0.10 metros	Profundidad N.F. : N.P.

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			200, graval	400, %			
1.00	P O S T E A D O R A	M-1				<p>Arena Arcillo Limosa con Grava (SM-SC) : 34.90 % de grava fina a gruesa, 41.40 % de arena fina a gruesa, 23.70 % de finos plásticos (L.L. = 23.80 % ; L.P. = 19.50 %).</p> <p>Condición in Situ : suelta, húmeda, color marrón.</p> <p>Contenido de sales solubles totales igual a 0.300 %.</p>	SM-SC
2.00							
3.00							
4.00							
5.00							

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante	: SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador	: Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto	: Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,	Revisado	: Ing. Jorge Díaz C.
	Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Fecha	: 04 de Julio del 2017
Ubicación	: Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica		

EXCAVACIÓN	C-5	Coordenadas	: N 8'605,067.00	E 449,797.55	
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial	: 4,815.00 m.s.n.m.	Profundidad Total	: 3.00 metros
		Diámetro	: 0.10 metros	Profundidad N.F.	: N.P.

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			DN, g/m ³	DN, %			
1.00	P O S T E A D O R A	M-1				<p>Arena Arcillo Limosa con Grava (SM-SC) : 34.90 % de grava fina a gruesa, 41.40 % de arena fina a gruesa, 23.70 % de finos plásticos (L.L. = 23.80 % ; L.P. = 19.50 %).</p> <p>Condición in Situ : suelta, húmeda, color marrón.</p> <p>Contenido de sales solubles totales igual a 0.300 %.</p>	SM-SC
2.00							
3.00							
4.00							
5.00							

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante :	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador :	Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto :	Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,	Revisado :	Ing. Jorge Díaz C.
	Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Fecha :	04 de Julio del 2017
Ubicación :	Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica		

EXCAVACION	C-6	Coordenadas :	N 8'605,206.92	E 449,664.73
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial :	4,816.00 m.s.n.m.	Profundidad Total : 3.00 metros
		Diámetro :	0.10 metros	Profundidad N.F. : 0.30 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			200. g/m ³	200. g ₁			
0.20	P	M-1				Suelo Orgánico (OH) Condición in Situ : blando, húmedo, color marrón oscuro.	OH
0.30						Nivel Freático	
1.00	O S T E A	M-2				Arena Limosa con Grava (SM) : 9.70 % de grava fina, 62.40 % de arena fina a gruesa, 27.90 % de finos no plásticos (L.L. = 26.90 % ; L.P. = N.P.), Condición in Situ : suelta, húmeda, color beige.	SM
2.00	D						
3.00	O R A						
4.00							
5.00							

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante :	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador :	Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto :	Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,	Revisado :	Ing. Jorge Diaz C.
	Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Fecha :	04 de Julio del 2017
Ubicación :	Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto- Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica		

EXCAVACION	C-7	Coordenadas :	N 8'605,149.87 E 449,597.22
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial :	4,818.00 m.s.n.m.
		Diámetro :	0.10 metros
		Profundidad Total :	3.00 metros
		Profundidad N.F. :	0.40 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			200. g/m ³	200. %			
0.20	P	M-1				Suelo Orgánico (OH) Condición in Situ : blando, húmedo, color marrón oscuro.	OH
0.40						Nivel Freático	
1.00	O S T E A	M-2				Arena Limosa con Grava (SM) : 9.70 % de grava fina, 62.40 % de arena fina a gruesa, 27.90 % de finos no plásticos (L.L. = 26.90 % ; L.P. = N.P.). Condición in Situ : suelta, húmeda, color beige.	SM
2.00	D O R A						
3.00							
4.00							
5.00							

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

Solicitante :	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.	Operador :	Téc. Gilbert Valencia A.
Proyecto :	Diseño de Depósito Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,	Revisado :	Ing. Jorge Diaz C.
	Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)	Fecha :	04 de Julio del 2017
Ubicación :	Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto- Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica		

EXCAVACION	C-8	Coordenadas :	N 8'605,061.10	E 449,919.06
Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"		Cota Superficial :	4,812.00 m.s.n.m.	Profundidad Total : 3.00 metros
		Diámetro :	0.70 x 1.30 metros	Profundidad N.F. : N.P.

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			W _p , %	W _L , %			
0.50	C	M-1				<p>Arena Limosa con Grava (SM) : 9.70 % de grava fina, 62.40 % de arena fina a gruesa, 27.90 % de finos no plásticos (L.L. = 26.90 % ; L.P. = N.P.).</p> <p>Condición in Situ : suelta, húmeda, color beige.</p>	SM
1.00	A	M-2				<p>Grava Limosa con Arena (GM) : 47.20 % de grava fina a gruesa, 32.70 % de arena fina a gruesa, 20.10 % de finos plásticos (L.L. = 28.50 % ; L.P. = 24.40 %).</p> <p>Condición in Situ : suelta, medianamente compacta a compacta, húmeda, color beige.</p>	GM
2.00	L						
3.00	I						
3.00	C						
4.00	A						
5.00	T						
5.00	A						

Jorge Diaz Collantes - Ing. Civil

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica

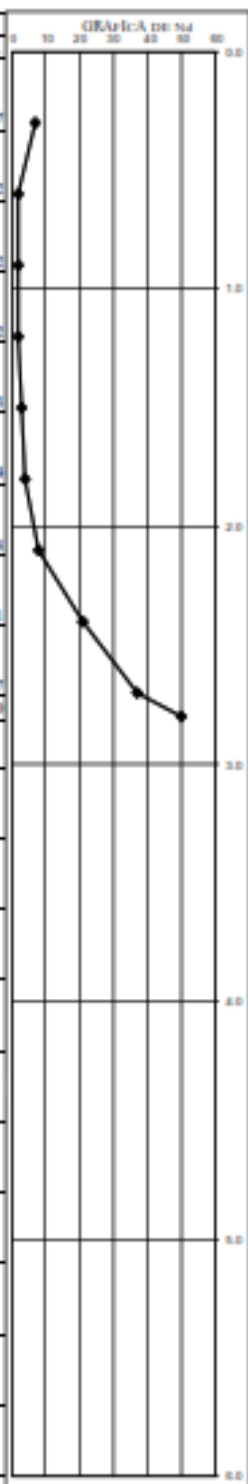
Operador : Téc. Gilbert Valencia A.
 Revisado : Ing. Jorge Diaz C.
 Fecha : 04 de Julio del 2017

R E G I S T R O D E S O N D A J E

SONDAJE N° **S-3** Coordenadas : N 8'605,126.21 E 449,760.62
 Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" Cota Superficial : 4,814.00 m.s.n.m. Profundidad Total : 2.80 metros
 Diámetro Cono : 1.25 pulgadas Profundidad N.F. : 2.00 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO Y TAMAÑO DE SONDEO	FUNDAJE PROTECCIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO		SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK (Nos. de golpes cada 0.10 metros)											
				D.N.	H.N.				Nro de Golpes Por											
									0.10	0.10	0.10	Tot.								
0.00	C O N D E P																			
0.10																				
0.20																				
0.30																				
0.40																				
0.50																				
0.60																				
0.70																				
0.80																				
0.90																				
1.00																				
1.10																				
1.20																				
1.30																				
1.40																				
1.50																				
1.60																				
1.70																				
1.80																				
1.90																				
2.00																				
2.10	E C K																			
2.20																				
2.30																				
2.40																				
2.50																				
2.60																				
2.70																				
2.80																				
3.00							Se encontró rechazo por presencia de roca fracturada													
4.00																				
5.00																				
6.00																				

Nivel Práctico



Jorge Diaz Collantes - Ing. Civil

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica

Operador : Téc. Gilbert Valencia A.
 Revisado : Ing. Jorge Díaz C.
 Fecha : 04 de Julio del 2017

R E G I S T R O D E S O N D A J E

SONDAJE N° **S-6** Coordenadas : N 8°605,206.92 E 449,664.73
 Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" Cota Superficial : 4,816.00 m.s.n.m. Profundidad Total : 6.00 metros
 Diámetro Cono : 1.25 pulgadas Profundidad N.F. : 0.30 metros

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO Y TAMAÑO DE SONDEO	FUNDA DE PROTECCIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS DE CAMPO		SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	PRUEBA DE PENETRACIÓN DINÁMICA CON CONO DE PECK (Nros. de golpes cada 0.10 metros)									
				D.N.	H.N.				Nros. de Golpes Por				GRÁFICA 100 Nds					
									0.10	0.10	0.10	Tot.						
0.30							Nivel Práctico											
0.40									0.5	2	0.5	3						
0.50									0.5	0.5	2	3						
0.60									1	0.5	1.5	3						
0.70									1	2	1	4						
0.80	C								0.5	1.5	1	3						
0.90	O								0.5	0.5	2	3						
1.00	N								1	0.5	1.5	3						
1.10	O								1	1	2	4						
1.20									2	1	1	4						
1.30	D								1	2	2	5						
1.40	E								2	1	3	6						
1.50									1	3	2	6						
1.60									2	1	3	6						
1.70	F								4	1	3	8						
1.80	E								4	3	4	11						
1.90									3	2	4	9						
2.00	C								3	4	4	11						
2.10									4	4	4	12						
2.20	K								4	6	5	15						
2.30									5	5	6	16						
2.40									5	6	6	17						
2.50									7	9	34	50						

Se encontro rechazo por presencia de cantos

JORGE DÍAZ COLLANTES - ING. CIVIL

Av. Vicos 1-18, Urb. La Capellana, Sigs. de Surco, Lima 33, Teléfono : 449-5769 / 906-671-004

SOLICITANTE : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.

PROYECTO : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7,00 metros)

UBICACIÓN : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica

FECHA : 08 de Julio del 2017

**RESUMEN DE ENSAYOS ESTÁNDAR
DE LABORATORIO**

I - ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS :

Ubicación:		Cimentación	Cimentación	Cimentación	C-1 (Cimentación, M-2) : SM-SC	
Calicata:		C-1	C-6	C-8	a) Porcentajes para Clasificación : 34.90 % de grava fina a gruesa, 41.40 % de arena fina a gruesa, 23.70 % de finos plásticos.	
Muestra:		M-2	M-2	M-2	b) Nombre de Grupo : arena arcillo limosa con grava.	
Profundidad, [m]:		0.30 - 3.00	0.20 - 3.00	0.50 - 3.00	c) Condición In Situ : suelta, húmeda, color marrón.	
Prof. Nivel Freático, [m]:		2.10	0.30	N.P.	d) Interpretación Geológica : depósito coluvial.	
Porcentaje que pasa	3"	76.000	100.00		C-6 (Cimentación, M-2) : SM	
	2"	50.800	93.00	100.00		
	1 1/2"	38.100	86.60	90.20		
	1"	25.400	85.40	100.00	84.40	a) Porcentajes para Clasificación : 9.70 % de grava fina, 62.40 % de arena fina a gruesa, 27.90 % de finos no plásticos.
	3/4"	19.050	81.30	98.70	78.20	b) Nombre de Grupo : arena limosa con grava.
	3/8"	9.525	75.40	95.90	62.20	c) Condición In Situ : suelta, húmeda, color beige.
	No 4	4.760	65.10	90.30	52.80	d) Interpretación Geológica : depósito coluvial.
	No 10	2.000	56.40	78.70	43.20	C-8 (Cimentación, M-2) : GM
	No 20	0.840	47.80	63.00	36.60	
	No 40	0.420	39.40	50.10	30.50	
	No 60	0.250	37.20	46.60	28.60	
	No 140	0.105	25.50	31.20	21.80	
No 200	0.074	23.70	27.90	20.10	a) Porcentajes para Clasificación : 47.20 % de grava fina a gruesa, 32.70 % de arena fina a gruesa, 20.10 % de finos plásticos.	
Límites de Consistencia, [%]	L. L.	23.8	26.9	28.5	b) Nombre de Grupo : grava limosa con arena.	
	L. P.	19.5	N.P.	24.4	c) Condición In Situ : suelta a compacta, húmeda, color beige.	
	I. P.	4.3	N.P.	3.9	d) Interpretación Geológica : depósito coluvial.	
Clasificación (SUCS)		SM-SC	SM	GM		
Contenido de Humedad, [%]						
Gravedad Específica, Gs		2.66		2.70		

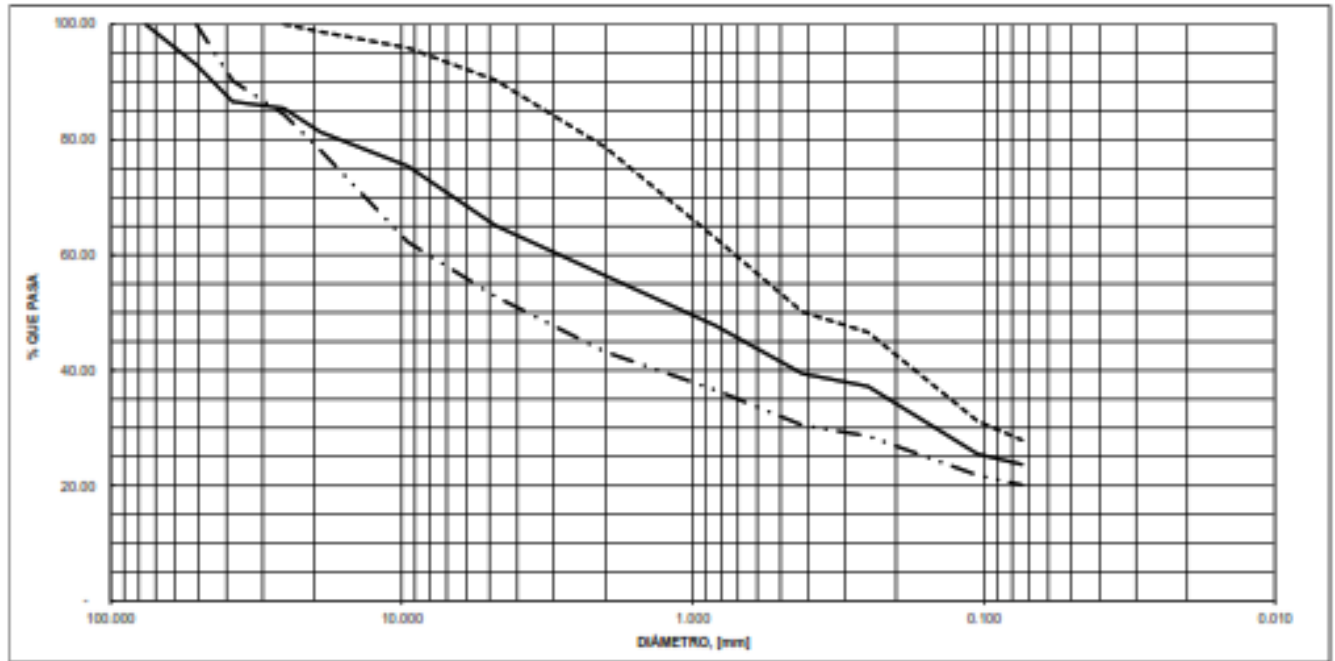
II - ENSAYOS QUÍMICOS :

Cont. Sales Solubles Totales, [%]	0.300			Observaciones :
Contenido de Ion Sulfato, [%]				
Contenido de Ion Cloruro, [%]				
PH				

Revisado : J.D.C.

SOLICITANTE : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
PROYECTO : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
UBICACIÓN : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
FECHA : 08 de Julio del 2017

CURVAS GRANULOMÉTRICAS



— C-1 M-2 - - - C-6 M-2 - · - · - C-8 M-2

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
 Fecha : 08 de Julio del 2017

Muestra : C-1 (M-2, Prof. 0.30 - 3.00 m), Suelo Coluvial (SM-SC)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR ESTÁNDAR (ASTM D 698) (MÉTODO "C")

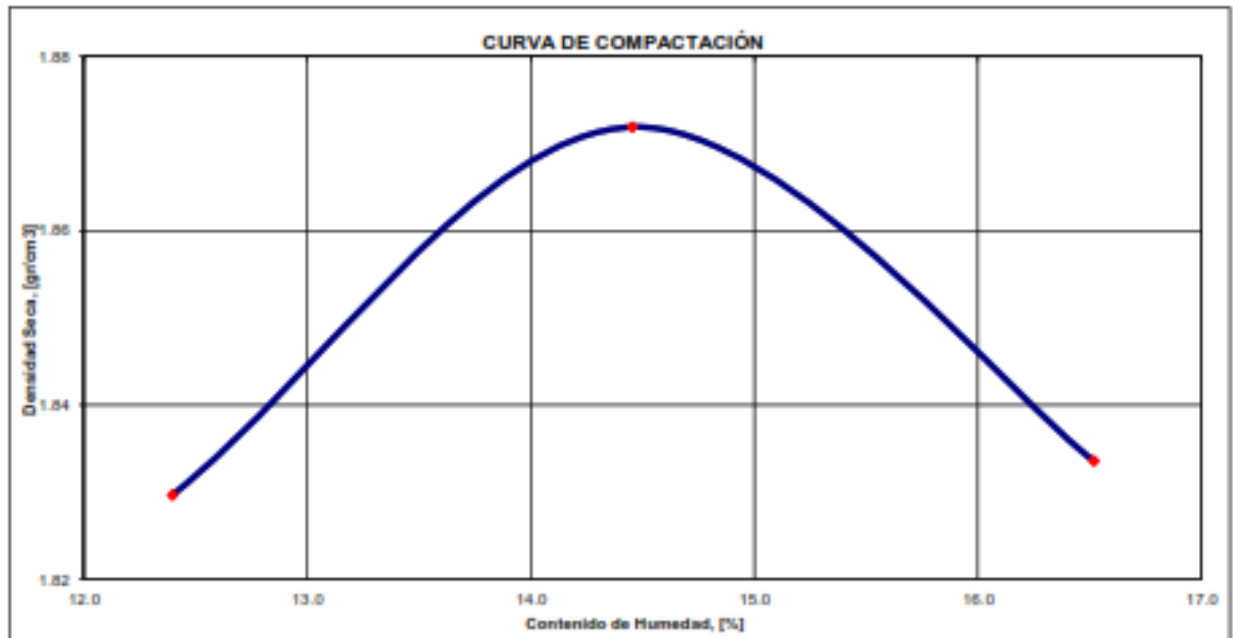
Molde : 6" Material : menor que la malla 3/4"

Densidad Húmeda de la Muestra

Procedimiento	Fórmula	Punto		
		I	II	III
1. Volumen del Molde, [cm ³]		2150.3	2150.3	2150.3
2. Peso del Molde, [gr]		6021.0	6021.0	6021.0
3. Peso Molde + Muestra Húmeda, [gr]		10443.0	10626.0	10615.0
4. Peso Muestra Húmeda, [gr]	(3)-(2)	4422.0	4607.0	4594.0
5. Densidad Húmeda, [gr/cm ³]	(4)/(1)	2.06	2.14	2.14

Contenido de Humedad y Densidad Seca

Procedimiento	Fórmula	Tara No		
		1	2	3
6. Peso Tara, [gr]		10.99	11.52	11.89
7. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		76.54	84.13	103.80
8. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		69.31	74.96	90.77
9. Peso Agua, [gr]	(7)-(8)	7.23	9.17	13.03
10. Peso Suelo Seco, [gr]	(8)-(6)	58.32	63.44	78.88
11. Contenido de Humedad, [%]	(9)/(10)	12.40	14.45	16.52
12. Densidad Seca, [gr/cm ³]	(5)/(1+(11))	1.83	1.87	1.83



Densidad Seca Máxima, [gr/cm³]:
 Contenido de Humedad Óptimo, [%]:

Observaciones :

a)

Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Fecha : 04 de Julio del 2017

S-1 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito				S-2 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito				S-3 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito			
Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)	Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)	Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
0.30	2.0	100.3	2.0	0.30	0.30	6.0	300.8	0.30	0.30	7.0	350.9
0.60	8.0	401.1	8.0	0.60	0.60	2.0	100.3	0.60	0.60	2.0	100.3
0.90	2.0	100.3	2.0	0.90	0.90	3.0	150.4	0.90	0.90	2.0	100.3
1.20	2.0	100.3	2.0	1.20	1.20	3.0	150.4	1.20	1.20	2.0	100.3
1.50	1.0	50.1	1.0	1.50	1.50	2.0	100.3	1.50	1.50	3.0	150.4
1.80	1.0	50.1	1.0	1.80	1.80	4.0	200.5	1.80	1.80	4.0	200.5
2.10	4.0	200.5	4.0	2.10	2.10	3.0	150.4	2.10	2.10	8.0	401.1
2.40	2.0	100.3	2.0	2.40	2.40	4.0	200.5	2.40	2.40	21.0	1052.8
2.70	2.0	100.3	2.0	2.70	2.70	5.0	250.7	2.70	2.70	37.0	1854.9
3.00	3.0	150.4	3.0	3.00	3.00	31.0	1554.1	2.80	2.80	50.0	2506.7
3.30	5.0	250.7	5.0	3.30	3.30	50.0	2506.7				
3.60	5.0	250.7	5.0								
3.90	5.0	250.7	5.0								
4.20	50.0	2506.7	25.1								

Nota 1 : Se encontró rechazo por presencia de roca fracturada

Nota 2 : $qc/N = 5$ y 10 (Kruizinga, 1982)

Donde :

qc, en kg/cm²

N = número de golpes con la cuchara partida (SPT) / 0.30 m

Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Fecha : 04 de Julio del 2017

S-4 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito				S-5 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito				S-6 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito			
Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)	Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)	Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0
0.30	6.0	300.8	6.0	0.30	0.30	8.0	8.0	0.30	0.30	150.4	3.0
0.60	10.0	501.3	10.0	0.60	0.60	4.0	4.0	0.60	0.60	150.4	3.0
0.90	17.0	852.3	17.0	0.90	0.90	2.0	2.0	0.90	0.90	150.4	3.0
1.20	18.0	902.4	18.0	1.20	1.20	9.0	9.0	1.20	1.20	200.5	4.0
1.50	12.0	601.6	12.0	1.50	1.50	50.0	2506.7	1.50	1.50	150.4	3.0
1.80	14.0	701.9	14.0					1.80	1.80	150.4	3.0
2.10	14.0	701.9	14.0					2.10	2.10	150.4	3.0
2.40	15.0	752.0	15.0					2.40	2.40	200.5	4.0
2.70	13.0	651.7	13.0					2.70	2.70	200.5	4.0
3.00	9.0	451.2	9.0					3.00	3.00	250.7	5.0
3.30	6.0	300.8	6.0					3.30	3.30	300.8	6.0
3.60	8.0	401.1	8.0					3.60	3.60	300.8	6.0
3.90	6.0	300.8	6.0					3.90	3.90	300.8	6.0
4.20	9.0	451.2	9.0					4.20	4.20	551.5	11.0
4.50	21.0	1052.8	21.1					4.50	4.50	451.2	9.0
4.60	50.0	2506.7	25.1					4.80	4.80	551.5	11.0
								5.10	5.10	752.0	15.0
								5.40	5.40	802.1	16.0
								5.70	5.70	852.3	17.0
								6.00	6.00	2506.7	25.1

Se encontró rechazo por presencia de roca fracturada

Se encontró rechazo por presencia de roca fracturada

Se encontró rechazo por presencia de cantos

Nota : qc/N = 5 y 10 (Kruizinga, 1982)

Donde :

qc, en kg/cm2

N = número de golpes con la cuchara partida (SPT) / 0.30 m

Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Fecha : 04 de Julio del 2017

S-7 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito				S-8 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito			
Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)	Profundidad (metros)	Nd (cada 0.30 m)	qc (tn /m2)	SPT (cada 0.30 m)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0
0.30	3.0	150.4	3.0	0.30	3.0	150.4	3.0
0.60	3.0	150.4	3.0	0.60	2.0	100.3	2.0
0.90	3.0	150.4	3.0	0.90	1.0	50.1	1.0
1.20	6.0	300.8	6.0	1.20	11.0	551.5	11.0
1.50	3.0	150.4	3.0	1.50	27.0	1353.6	27.1
1.80	3.0	150.4	3.0	1.80	38.0	1905.1	38.1
2.10	3.0	150.4	3.0	2.10	50.0	2506.7	25.1
2.40	5.0	250.7	5.0				
2.70	7.0	350.9	7.0				
3.00	14.0	701.9	14.0				
3.30	18.0	902.4	18.0				
3.60	36.0	1804.8	36.1				
3.90	50.0	2506.7	25.1				

Se encontró rechazo por presencia de cantos

Se encontró rechazo por presencia de roca fracturada

Nota : $qc/N = 5$ y 10 (Kruizinga, 1982)

Donde :

qc, en kg/cm²

N = número de golpes con la cuchara partida (SPT) / 0.30 m

Solicitante	: SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
Proyecto	: Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación	: Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
Fecha	: 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\phi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{(qc/pa)}{(po/pa)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m²)

ϕ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m²

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-1 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m ³)	po (z γ) (tn/m ²)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m ²)	ϕ' (grados)
0.30	1.8	0.5	2.0	100.3	35.6
0.60	1.8	1.1	8.0	401.1	40.6
0.90	1.8	1.6	2.0	100.3	33.0
1.20	1.8	2.2	2.0	100.3	32.3
1.50	1.8	2.7	1.0	50.1	28.4
1.80	1.8	3.2	1.0	50.1	28.0
2.10	1.8	3.8	4.0	200.5	34.2
2.40	1.8	4.3	2.0	100.3	30.6
2.70	1.8	4.9	2.0	100.3	30.3
3.00	1.8	5.4	3.0	150.4	32.0
3.30	1.8	5.9	5.0	250.7	34.2
3.60	1.8	6.5	5.0	250.7	34.0
3.90	1.8	7.0	5.0	250.7	33.8

$\Sigma \phi' =$	427.1
$\phi'_{Prom} =$	32.9

Solicitante	: SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
Proyecto	: Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación	: Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
Fecha	: 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\phi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{q_c/p_a}{(p_o/p_a)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde :

$$p_a = 10.0 \text{ (tn/m}^2\text{)}$$

ϕ' = ángulo de fricción

q_c = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m²

p_o = presión vertical efectiva

p_a = presión atmosférica

S-2 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m ³)	p_o (z γ) (tn/m ²)	Nd (cada 0.30 metros)	q_c (ton / m ²)	ϕ' (grados)
0.30	1.8	0.5	6.0	300.8	40.8
0.60	1.8	1.1	2.0	100.3	33.9
0.90	1.8	1.6	3.0	150.4	34.9
1.20	1.8	2.2	3.0	150.4	34.2
1.50	1.8	2.7	2.0	100.3	31.7
1.80	1.8	3.2	4.0	200.5	34.6
2.10	1.8	3.8	3.0	150.4	32.9
2.40	1.8	4.3	4.0	200.5	33.9
2.70	1.8	4.9	5.0	250.7	34.7
3.00	1.8	5.4	31.0	1554.1	43.2

$\sum \phi' =$	354.9
$\phi'_{\text{Prom}} =$	35.5

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
 Fecha : 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{(qc/pa)}{(po/pa)^{0.25}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m2)

φ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m2

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-3 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m3)	po (zy) (tn/m2)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m2)	φ' (grados)
0.30	1.8	0.5	7.0	350.9	41.6
0.60	1.8	1.1	2.0	100.3	33.9
0.90	1.8	1.6	2.0	100.3	33.0
1.20	1.8	2.2	2.0	100.3	32.3
1.50	1.8	2.7	3.0	150.4	33.7
1.80	1.8	3.2	4.0	200.5	34.6
2.10	1.8	3.8	8.0	401.1	37.6
2.40	1.8	4.3	21.0	1052.8	41.9
2.70	1.8	4.9	37.0	1854.9	44.3

$\Sigma \varphi' =$	332.7
$\varphi_{Prom} =$	37.0

Solicitante : **SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.**
 Proyecto : **Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,**
Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : **Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,**
Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
 Fecha : **08 de Julio del 2017**

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{qc/pa}{(po/pa)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde :

$$pa = 10.0 \text{ (tn/m}^2\text{)}$$

φ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m²

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-4 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m ³)	po (zy) (tn/m ²)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m ²)	φ' (grados)
0.30	1.8	0.5	6.0	300.8	40.8
0.60	1.8	1.1	10.0	501.3	41.6
0.90	1.8	1.6	17.0	852.3	43.2
1.20	1.8	2.2	18.0	902.4	42.8
1.50	1.8	2.7	12.0	601.6	40.3
1.80	1.8	3.2	14.0	701.9	40.6
2.10	1.8	3.8	14.0	701.9	40.2
2.40	1.8	4.3	15.0	752.0	40.2
2.70	1.8	4.9	13.0	651.7	39.3
3.00	1.8	5.4	9.0	451.2	37.3
3.30	1.8	5.9	6.0	300.8	35.1
3.60	1.8	6.5	8.0	401.1	36.3
3.90	1.8	7.0	6.0	300.8	34.7
4.20	1.8	7.6	9.0	451.2	36.5
4.50	1.8	8.1	21.0	1052.8	40.3

$\Sigma \varphi$ =	589.2
φ_{Prom} =	39.3

Solicitante	: SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
Proyecto	: Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación	: Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
Fecha	: 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\phi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{q_c/p_a}{(p_o/p_a)^{0.3}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m2)

ϕ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m2

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-5 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m3)	po (z γ) (tn/m2)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m2)	ϕ' (grados)
0.30	1.8	0.5	8.0	401.1	42.2
0.60	1.8	1.1	4.0	200.5	37.2
0.90	1.8	1.6	2.0	100.3	33.0
1.20	1.8	2.2	9.0	451.2	39.5

$\sum \phi' =$	151.9
$\phi'_{Prom} =$	38.0

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
 Fecha : 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{(qc/pa)}{(po/pa)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m2)

φ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m2

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-6 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m3)	po (zy) (tn/m2)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m2)	φ' (grados)
0.30	1.8	0.5	3.0	150.4	37.5
0.60	1.8	1.1	3.0	150.4	35.9
0.90	1.8	1.6	3.0	150.4	34.9
1.20	1.8	2.2	4.0	200.5	35.6
1.50	1.8	2.7	3.0	150.4	33.7
1.80	1.8	3.2	3.0	150.4	33.2
2.10	1.8	3.8	3.0	150.4	32.9
2.40	1.8	4.3	4.0	200.5	33.9
2.70	1.8	4.9	4.0	200.5	33.6
3.00	1.8	5.4	5.0	250.7	34.5
3.30	1.8	5.9	6.0	300.8	35.1
3.60	1.8	6.5	6.0	300.8	34.9
3.90	1.8	7.0	6.0	300.8	34.7
4.20	1.8	7.6	11.0	551.5	37.4
4.50	1.8	8.1	9.0	451.2	36.3
4.80	1.8	8.6	11.0	551.5	37.1
5.10	1.8	9.2	15.0	752.0	38.4
5.40	1.8	9.7	16.0	802.1	38.6
5.70	1.8	10.3	17.0	852.3	38.8

$\Sigma \varphi' =$	677.1
$\varphi'_{\text{Prom}} =$	35.6

Solicitante : SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
 Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa,
 Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
 Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla,
 Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
 Fecha : 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{(qc/pa)}{(po/pa)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m2)

φ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m2

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-7 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m3)	po (zy) (tn/m2)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m2)	φ' (grados)
0.30	1.8	0.5	3.0	150.4	37.5
0.60	1.8	1.1	3.0	150.4	35.9
0.90	1.8	1.6	3.0	150.4	34.9
1.20	1.8	2.2	6.0	300.8	37.5
1.50	1.8	2.7	3.0	150.4	33.7
1.80	1.8	3.2	3.0	150.4	33.2
2.10	1.8	3.8	3.0	150.4	32.9
2.40	1.8	4.3	5.0	250.7	35.0
2.70	1.8	4.9	7.0	350.9	36.3
3.00	1.8	5.4	14.0	701.9	39.4
3.30	1.8	5.9	18.0	902.4	40.4
3.60	1.8	6.5	36.0	1804.8	43.5

$\Sigma \varphi' =$	440.1
$\varphi_{Prom} =$	36.7

Solicitante	: SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
Proyecto	: Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación	: Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junin-Huancavelica
Fecha	: 08 de Julio del 2017

Determinación del Ángulo de Fricción a Partir del Cono Dinámico de Peck

$$\phi' = 17.6 + 11 \cdot \log \left\{ \frac{(qc/pa)}{(po/pa)^{0.5}} \right\} \quad (\text{Kulhawy and Mayne, 1990})$$

Donde : pa = 10.0 (tn/m2)

ϕ' = ángulo de fricción

qc = resistencia unitaria en la punta del cono, en tn/m2

po = presión vertical efectiva

pa = presión atmosférica

S-8 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m3)	po (z γ) (tn/m2)	Nd (cada 0.30 metros)	qc (ton / m2)	ϕ' (grados)
0.30	1.8	0.5	3.0	150.4	37.5
0.60	1.8	1.1	2.0	100.3	33.9
0.90	1.8	1.6	1.0	50.1	29.6
1.20	1.8	2.2	11.0	551.5	40.4
1.50	1.8	2.7	27.0	1353.6	44.2
1.80	1.8	3.2	38.0	1905.1	45.4

$\sum \phi' =$	231.1
$\phi_{Prom} =$	38.5

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$q_c = 3/2 \left\{ \frac{A}{B} \left[(1 + 1/\sqrt{St}) / 2 \right]^2 c + p_o \tan \varphi \right\} * (e^{2.3 \tan \varphi} - 1 / \tan \varphi) \cos \varphi \quad (1) \quad \text{(Muromachi, 1981)}$$

Donde :

- q_c = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²
- c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²
- φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales
- p_o = presión de sobrecarga

S-1 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m ³)	p _o (zy) (tn/m ²)	N _d qc (medido) (tn/m ²)	c (tn/m ²)	tan(φ)	cos(φ)	A	B	q _c (calculado) (tn/m ²)	φ prom =
0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.445	0.913	0.00	0.00	0.0	28.0 grados
0.3	1.8	0.5	2.0	0.5	0.445	0.913	1.00	31.55	31.6	
0.6	1.8	1.1	8.0	0.5	0.445	0.913	1.36	31.55	42.9	
0.9	1.8	1.6	2.0	0.5	0.445	0.913	1.72	31.55	54.3	
1.2	1.8	2.2	2.0	0.5	0.445	0.913	2.08	31.55	65.7	
1.5	1.8	2.7	1.0	0.5	0.445	0.913	2.44	31.55	77.1	
1.8	1.8	3.2	1.0	0.5	0.445	0.913	2.80	31.55	88.4	
2.1	1.8	3.8	4.0	0.5	0.445	0.913	3.16	31.55	99.8	
2.4	1.8	4.3	2.0	0.5	0.445	0.913	3.52	31.55	111.2	
2.7	1.8	4.9	2.0	0.5	0.445	0.913	3.88	31.55	122.6	
3.0	1.8	5.4	3.0	0.5	0.445	0.913	4.24	31.55	133.9	
3.3	1.8	5.9	5.0	0.5	0.445	0.913	4.61	31.55	145.3	
3.6	1.8	6.5	5.0	0.5	0.445	0.913	4.97	31.55	156.7	
3.9	1.8	7.0	5.0	0.5	0.445	0.913	5.33	31.55	168.1	

c_{prom} =

0.5 tn/m²

tan prom =

0.445

φ prom =

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$qc = \frac{3}{2} \left[\frac{(1 + 1/\sin \phi)}{2} c + po \tan \phi \right] \cdot \left(e^{2.3ms} - 1 / \tan \phi \right) \cos \phi \quad (1) \quad \text{(Muromachi, 1981)}$$

Donde :

- qc = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²
- c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²
- φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales
- po = presión de sobrecarga

S-2 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	V (t/m ³)	Y po (zy) (tn/m ²)	Nd qc (medido) (tn/m ²)	C qc (medido) (tn/m ²)	tan(φ) (tn/m ²)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)	φ prom =
0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.532	0.883	0.00	0.00	0.0	28.0 grados
0.3	1.8	0.5	6.0	300.8	0.532	0.883	1.07	45.30	48.5	
0.6	1.8	1.1	2.0	100.3	0.532	0.883	1.50	45.30	68.0	
0.9	1.8	1.6	3.0	150.4	0.532	0.883	1.93	45.30	87.6	
1.2	1.8	2.2	3.0	150.4	0.532	0.883	2.36	45.30	107.1	
1.5	1.8	2.7	2.0	100.3	0.532	0.883	2.79	45.30	126.6	
1.8	1.8	3.2	4.0	200.5	0.532	0.883	3.23	45.30	146.1	
2.1	1.8	3.8	3.0	150.4	0.532	0.883	3.66	45.30	165.7	
2.4	1.8	4.3	4.0	200.5	0.532	0.883	4.09	45.30	185.2	
2.7	1.8	4.9	5.0	250.7	0.532	0.883	4.52	45.30	204.7	
3.0	1.8	5.4	31.0	1554.1	0.532	0.883	4.95	45.30	224.2	

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$q_c = \frac{3}{2} \left\{ \frac{(1 + 1/\sqrt{St})}{2} \right\} c + p_o \tan \varphi \quad * \quad \left(e^{2m \tan \varphi} - 1 / \tan \varphi \right) \cos \varphi \quad (1) \quad \text{(Muromachi, 1981)}$$

Donde :

q_c = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²

c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²

φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales

p_o = presión de sobrecarga

S-3 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	Y (t/m ³)	p _o (zy) (tn/m ²)	N _d	q _c (medido) (tn/m ²)	C	tan(φ)	cos(φ)	A	B	q _c (calculado) (tn/m ²)	tan prom =	φ prom =
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.554	0.875	0.00	0.00	0.0		
0.3	1.8	0.5	7.0	350.9	0.5	0.554	0.875	1.09	49.73	54.2		
0.6	1.8	1.1	2.0	100.3	0.5	0.554	0.875	1.54	49.73	76.5		
0.9	1.8	1.6	2.0	100.3	0.5	0.554	0.875	1.99	49.73	98.8		
1.2	1.8	2.2	2.0	100.3	0.5	0.554	0.875	2.44	49.73	121.1		
1.5	1.8	2.7	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	2.88	49.73	143.4		
1.8	1.8	3.2	4.0	200.5	0.5	0.554	0.875	3.33	49.73	165.7		
2.1	1.8	3.8	8.0	401.1	0.5	0.554	0.875	3.78	49.73	188.1		
2.4	1.8	4.3	21.0	1052.8	0.5	0.554	0.875	4.23	49.73	210.4		
2.7	1.8	4.9	37.0	1854.9	0.5	0.554	0.875	4.68	49.73	232.7		
						0.5					0.554	29.0 grados

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$qc = \frac{3}{2} \left[\frac{(1 + 1/\sqrt{St})}{2} \right]^2 c + po \tan \varphi \quad * \quad (e^{2 \tan \varphi} - 1 / \tan \varphi) \cos \varphi \quad (1) \quad (\text{Muromachi, 1981})$$

Donde :

qc = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²

c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²

φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales

po = presión de sobrecarga

S-4 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	γ (t/m ³)	po (zy) (tn/m ²)	Nd	qc (medido) (tn/m ²)	c (tn/m ²)	tan(φ)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)	φ prom =	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.601	0.857	0.00	0.00	0.0	31.0 grados	
0.3	1.8	0.5	6.0	300.8	0.5	0.601	0.857	1.13	60.82	68.5		
0.6	1.8	1.1	10.0	501.3	0.5	0.601	0.857	1.61	60.82	98.1		
0.9	1.8	1.6	17.0	852.3	0.5	0.601	0.857	2.10	60.82	127.8		
1.2	1.8	2.2	18.0	902.4	0.5	0.601	0.857	2.59	60.82	157.4		
1.5	1.8	2.7	12.0	601.6	0.5	0.601	0.857	3.07	60.82	187.0		
1.8	1.8	3.2	14.0	701.9	0.5	0.601	0.857	3.56	60.82	216.6		
2.1	1.8	3.8	14.0	701.9	0.5	0.601	0.857	4.05	60.82	246.2		
2.4	1.8	4.3	15.0	752.0	0.5	0.601	0.857	4.53	60.82	275.8		
2.7	1.8	4.9	13.0	651.7	0.5	0.601	0.857	5.02	60.82	305.4		
3.0	1.8	5.4	9.0	451.2	0.5	0.601	0.857	5.51	60.82	335.0		
3.3	1.8	5.9	6.0	300.8	0.5	0.601	0.857	6.00	60.82	364.6		
3.6	1.8	6.5	8.0	401.1	0.5	0.601	0.857	6.48	60.82	394.2		
3.9	1.8	7.0	6.0	300.8	0.5	0.601	0.857	6.97	60.82	423.8		
4.2	1.8	7.6	9.0	451.2	0.5	0.601	0.857	7.46	60.82	453.4		
4.5	1.8	8.1	21.0	1052.8	0.5	0.601	0.857	7.94	60.82	483.0		
										tan prom =	0.601	φ prom =
										c prom =	0.5 tn/m ²	

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$q_c = \frac{3}{2} \left[\frac{(1 + 1/\text{St})}{2} c + p_o \tan \phi \right] \cdot \left(e^{2m\psi} - 1 / \tan \phi \right) \cos \phi \quad (1) \quad (\text{Muromachi, 1981})$$

Donde :

q_c = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²
 c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²
 ϕ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales
 p_o = presión de sobrecarga

S-5 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	Y (t/m ³)	po (zy) (tn/m ²)	Nd	qc (medido) (tn/m ²)	c (tn/m ²)	tan(φ) (medido)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)	φ prom =	
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.674	0.829	0.00	0.00	0.0	34.0 grados	
0.3	1.8	0.5	8.0	401.1	0.5	0.674	0.829	1.19	83.70	99.3		
0.6	1.8	1.1	4.0	200.5	0.5	0.674	0.829	1.73	83.70	145.0		
0.9	1.8	1.6	2.0	100.3	0.5	0.674	0.829	2.28	83.70	190.7		
1.2	1.8	2.2	9.0	451.2	0.5	0.674	0.829	2.82	83.70	236.4		
$c_{prom} = 0.5 \text{ tn/m}^2$											$\tan \text{ prom} = 0.674$	$\phi \text{ prom} = 34.0 \text{ grados}$

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$qc = \frac{3}{2} \left\{ \left(\frac{1 + 1/\sin \phi}{2} \right)^2 c + po \tan \phi \right\} * (e^{2 \tan \phi} - 1 / \tan \phi) \cos \phi \quad (1) \quad (\text{Muromachi, 1981})$$

Donde :

qc = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²

c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²

φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales

po = presión de sobrecarga

S-6 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	Y (t/m ³)	po (zy) (tn/m ²)	Nd	qc (medido) (tn/m ²)	C	tan(φ)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.532	0.883	0.00	0.00	0.0
0.3	1.8	0.5	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	1.07	45.30	48.5
0.6	1.8	1.1	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	1.50	45.30	68.0
0.9	1.8	1.6	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	1.93	45.30	87.6
1.2	1.8	2.2	4.0	200.5	0.5	0.532	0.883	2.36	45.30	107.1
1.5	1.8	2.7	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	2.79	45.30	126.6
1.8	1.8	3.2	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	3.23	45.30	146.1
2.1	1.8	3.8	3.0	150.4	0.5	0.532	0.883	3.66	45.30	165.7
2.4	1.8	4.3	4.0	200.5	0.5	0.532	0.883	4.09	45.30	185.2
2.7	1.8	4.9	4.0	200.5	0.5	0.532	0.883	4.52	45.30	204.7
3.0	1.8	5.4	5.0	250.7	0.5	0.532	0.883	4.95	45.30	224.2
3.3	1.8	5.9	6.0	300.8	0.5	0.532	0.883	5.38	45.30	243.7
3.6	1.8	6.5	6.0	300.8	0.5	0.532	0.883	5.81	45.30	263.3
3.9	1.8	7.0	6.0	300.8	0.5	0.532	0.883	6.24	45.30	282.8
4.2	1.8	7.6	11.0	551.5	0.5	0.532	0.883	6.67	45.30	302.3
4.5	1.8	8.1	9.0	451.2	0.5	0.532	0.883	7.10	45.30	321.8
4.8	1.8	8.6	11.0	551.5	0.5	0.532	0.883	7.53	45.30	341.3
5.1	1.8	9.2	15.0	752.0	0.5	0.532	0.883	7.97	45.30	360.9
5.4	1.8	9.7	16.0	802.1	0.5	0.532	0.883	8.40	45.30	380.4
5.7	1.8	10.3	17.0	852.3	0.5	0.532	0.883	8.83	45.30	399.9

cprom =

0.5 tn/m²

tan prom =

0.532

φ prom =

28.0 grados

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$q_c = \frac{3}{2} \left\{ \left(1 + \frac{1}{\sqrt{St}} \right) / 2 \right\} c + p_o \tan \phi \cdot \left(e^{2ntan\phi} - 1 / \tan\phi \right) \cos\phi \quad (1) \quad \text{(Muromachi, 1981)}$$

Donde :

q_c = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²

c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²

ϕ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales

p_o = presión de sobrecarga

S-7 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	y (M3)	po (zy) (tn/m ²)	Nd	qc (medido) (tn/m ²)	c (tn/m ²)	tani(φ)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)	tan prom =	φ prom =				
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.554	0.875	0.00	0.00	0.0						
0.3	1.8	0.5	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	1.09	49.73	54.2						
0.6	1.8	1.1	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	1.54	49.73	76.5						
0.9	1.8	1.6	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	1.99	49.73	98.8						
1.2	1.8	2.2	6.0	300.8	0.5	0.554	0.875	2.44	49.73	121.1						
1.5	1.8	2.7	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	2.88	49.73	143.4						
1.8	1.8	3.2	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	3.33	49.73	165.7						
2.1	1.8	3.8	3.0	150.4	0.5	0.554	0.875	3.78	49.73	188.1						
2.4	1.8	4.3	5.0	250.7	0.5	0.554	0.875	4.23	49.73	210.4						
2.7	1.8	4.9	7.0	350.9	0.5	0.554	0.875	4.68	49.73	232.7						
3.0	1.8	5.4	14.0	701.9	0.5	0.554	0.875	5.13	49.73	255.0						
3.3	1.8	5.9	18.0	902.4	0.5	0.554	0.875	5.58	49.73	277.3						
3.6	1.8	6.5	36.0	1804.8	0.5	0.554	0.875	6.03	49.73	299.6						
											c prom =	0.5 tn/m ²	tan prom =	0.554	φ prom =	29.0 grados

Determinación de Parámetros de Resistencia en Esfuerzos Totales a Partir del Cono Dinámico de Peck

Proyecto : Diseño de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa, Cota de Corona 4,820 m.s.n.m. (H = 7.00 metros)
Ubicación : Concesión de Beneficio SANSIL, Chongos Alto-Acobambilla, Huancayo-Huancavelica, Junín-Huancavelica
Fecha : 08 de Julio del 2017

$$qc = \frac{3}{2} \left\{ \left(\frac{1 + \sqrt{St}}{2} \right)^2 c + po \tan \phi \right\} \cdot \left(e^{2 \tan \phi} - 1 / \tan \phi \right) \cos \phi \quad (1) \quad \text{(Muromachi, 1981)}$$

Donde :

qc = resistencia unitaria que ofrece el suelo al avance del cono, en tn/m²

c = cohesión en esfuerzos totales, en tn/m²

φ = ángulo de fricción, en esfuerzos totales

po = presión de sobrecarga

S-8 (Cono de Peck) - Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL"

Profundidad z (metros)	Y (t/m ³)	po (zy) (tn/m ²)	Nd	qc (medido) (tn/m ²)	c (tn/m ²)	tan(φ)	cos(φ)	A	B	qc (calculado) (tn/m ²)	φ prom =
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.625	0.848	0.00	0.00	0.0	32.0 grados
0.3	1.8	0.5	3.0	150.4	0.5	0.625	0.848	1.15	67.51	77.4	
0.6	1.8	1.1	2.0	100.3	0.5	0.625	0.848	1.65	67.51	111.6	
0.9	1.8	1.6	1.0	50.1	0.5	0.625	0.848	2.16	67.51	145.7	
1.2	1.8	2.2	11.0	551.5	0.5	0.625	0.848	2.67	67.51	179.9	
1.5	1.8	2.7	27.0	1353.6	0.5	0.625	0.848	3.17	67.51	214.1	
1.8	1.8	3.2	38.0	1905.1	0.5	0.625	0.848	3.68	67.51	248.3	
						cprom =	0.5 tn/m ²	tan prom =	0.625	φ prom =	32.0 grados



ENSAYO DE SUELOS:

ASTM - D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO EN LABORATORIO

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL

Código	CMA-QA-EMS-F1
Revisión	15/05/2017

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : CAPILLA N° de Registro : QA-EMS-F1-01

Lugar de Muestreo : CAPILLA Código Ensayo : QA-EMS-CH-01

Fecha Muestreo : 28/07/2017 Estructura : CALICATA #01

Fecha Ensayo : 30/07/2017 Página : 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL

Material Pasante del Tamiz (mm)		101.600			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°	27	07		
Peso Recp. + Mat.Suelo Humedo	g	4,724	4,762		
Peso Recp. + Mat.Suelo Seco	g	4,564	4,632		
Peso Recipiente	g	1,724	1,762		
Peso del Agua	g	160	150		
Peso del Material Seco	g	2,640	2,650		
Contenido de Humedad	%	5.6	5.3		5.4

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO

Material Retenido en el Tamiz (mm)		19.050			PROMEDIO (%)
N° de Muestra		1	2	3	
Recipiente	N°	04	06		
Peso Recp. + Suelo Húmedo	g	3,574	3,941		
Peso Recp + Suelo Seco	g	3,537	3,694		
Peso Recipiente	g	321	400		
Peso del Agua	g	37	47		
Peso Suelo Seco	g	3,216	3,414		
Contenido de Humedad	%	1.2	1.4		1.3

PESO ESPECIFICO: ASTM D - 854

N° de Muestra		1	2	3	PROMEDIO (grs./cm3)
Recipiente	N°	16	19	18	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	g	1,525.00	1,521.00	1,542.00	
PESO FRASCO+AGUA	g	1,270.00	1,270.00	1,270.00	
PESO SUELO SECO	g	450.00	474.00	510.00	
PESO SUELO EN AGUA	g	255.00	251.00	272.00	
VOLUMEN DEL SUELO	cm3	224.20	222.20	237.20	
PESO ESPECIFICO	grs./cm3	2.14	2.13	2.15	2.14

COMENTARIOS:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE SUELOS

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL



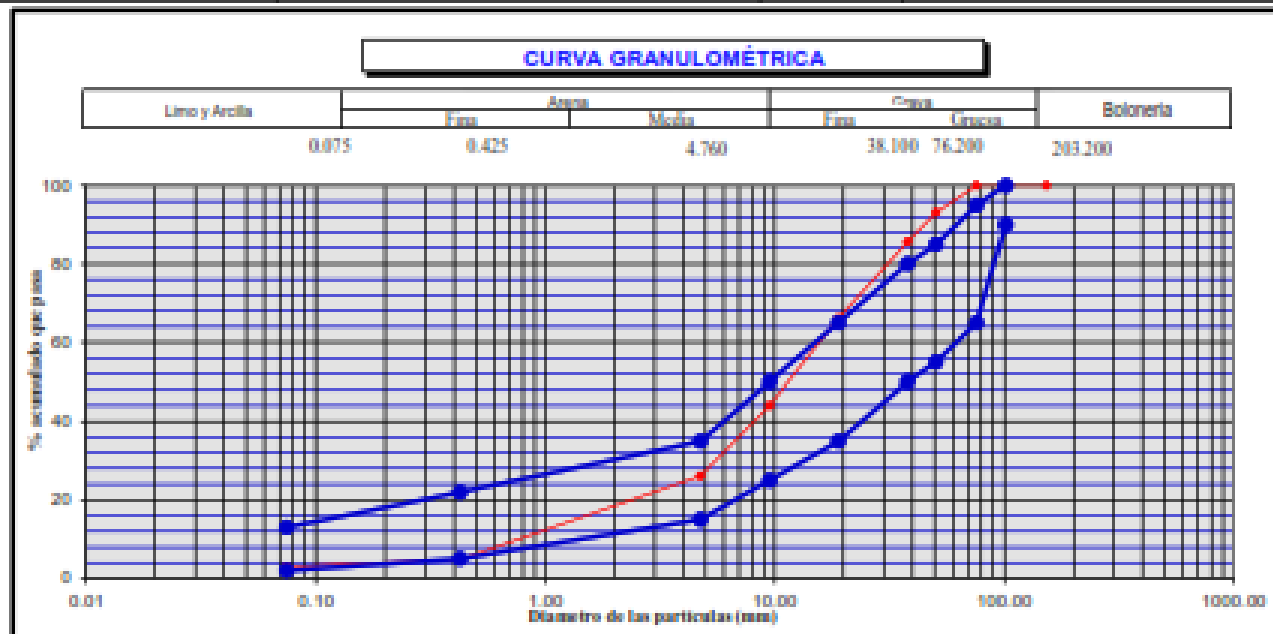
ASTM - D422
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Código : CMA-GA-EMS-F2
Revisión : 15/05/2017

Proyecto : *CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM*

Cantera : CAPILLA N° de Registro : GA-EMS-F2-01
Lugar de Muestreo : CAPILLA Código Ensayo : GA-EMS-AG-01
Fecha Muestreo : 28/07/2017 Estructura : CALICATA #01
Fecha Ensayo : 30/07/2017 Página : 1 de 1

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETERIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESP. MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
ABERTURA (mm)	ABERTURA (mm)						
6"	152.400	0.0	0.0	0.0	100.0		
4"	101.600	0.0	0.0	0.0	100.0	90 100	
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0	65 95	P. INIC. SECO : 24,985.0 g
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	0.0		Fración Seca : 570.0 g
2"	50.800	1,725.0	6.9	6.9	93.1	55 85	Fración Lavada : 505 g
1 1/2"	38.100	1,675.0	7.5	14.4	85.6	50 80	
1"	25.400	0.0	0.0	14.4	85.6		
3/4"	19.050	4,660.0	19.5	33.9	66.1	35 65	
1/2"	12.700	0.0	0.0	33.9	66.1		HUMEDAD NATURAL : 5.4 %
3/8"	9.525	5,520.0	22.1	56.0	44.0	25 50	LÍMITE LÍQUIDO : 22 %
1/4"	6.350	0.0	0.0	56.0	44.0		LÍMITE PLÁSTICO : 15 %
N° 4	4.750	4,470.0	17.9	73.9	26.1	15 35	ÍNDICE PLÁSTICO : 7 %
N° 8	2.360	0.0	0.0	73.9	26.1		CLASIFICACIÓN : (ASTM - D2487)
N° 10	2.000	0.0	0.0	73.9	26.1		SUCS : GP-GC
N° 16	1.180	0.0	0.0	73.9	26.1		
N° 20	0.850	0.0	0.0	73.9	26.1		
N° 30	0.600	0.0	0.0	73.9	26.1		
N° 40	0.425	465.0	21.3	95.2	4.8	5 22	
N° 50	0.300	0.0	0.0	95.2	4.8		COMENTARIOS-
N° 60	0.250	0.0	0.0	95.2	4.8		
N° 100	0.150	0.0	0.0	95.2	4.8		
N° 140	0.106	0.0	0.0	95.2	4.8		
N° 200	0.075	40.0	1.8	97.0	3.0	2 13	
= N° 200	FONDO	65.0	3.0	100.0	0.0		



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

**ENSAYO DE SUELOS:****ASTM - D4318****DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E
ÍNDICE DE PLASTICIDAD - LÍMITES DE ATTERBERG****SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL**Código : CMA-QA-EMS-F3
Revisión : 15/08/2017Proyecto : **"CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"**

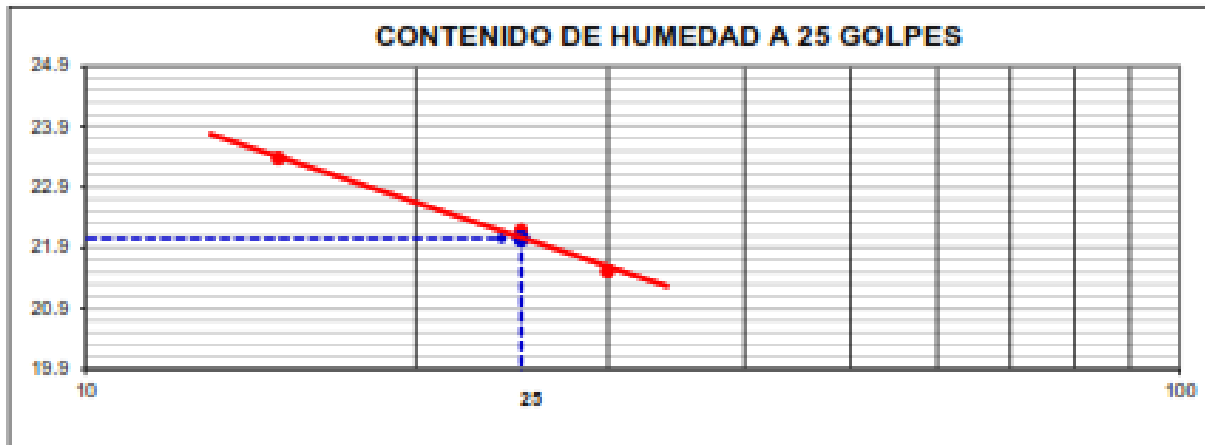
Cantera : CAPILLA	N° de Registro : QA-EMS-F3-01
Lugar de Muestreo : CAPILLA	Código Ensayo : QA-EMS-LA-01
Fecha Muestreo : 28/07/2017	Estructura : CALICATA #01
Fecha Ensayo : 30/07/2017	Página : 1 de 1

LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO		T - 01	T - 02	T - 03
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	g	99.87	100.22	99.75
PESO TARRO + SUELO SECO	g	91.34	91.34	90.12
PESO DE AGUA	g	8.53	8.88	9.63
PESO DEL TARRO	g	51.89	51.30	48.92
PESO DEL SUELO SECO	g	39.65	40.04	41.20
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	21.51	22.18	23.37
NUMERO DE GOLPES	N°	30	25	15

LÍMITE PLÁSTICO



N° TARRO		T - 01	T - 02
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	g	20.41	19.37
PESO TARRO + SUELO SECO	g	19.21	18.37
PESO DE AGUA	g	1.20	1.00
PESO DEL TARRO	g	11.11	11.34
PESO DEL SUELO SECO	g	8.10	7.03
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	%	14.81	14.22

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	22
LÍMITE PLÁSTICO	15
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	7

COMENTARIOS.-

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

 	ENSAYO DE SUELOS	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L. SANSIL	
	ASTM - D698 PROCTOR ESTANDAR	Código	CMA-QA-EMS-F4
		Revisión	15/08/2017

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : CAPILLA N° de Registro : QA-EMS-F4-01

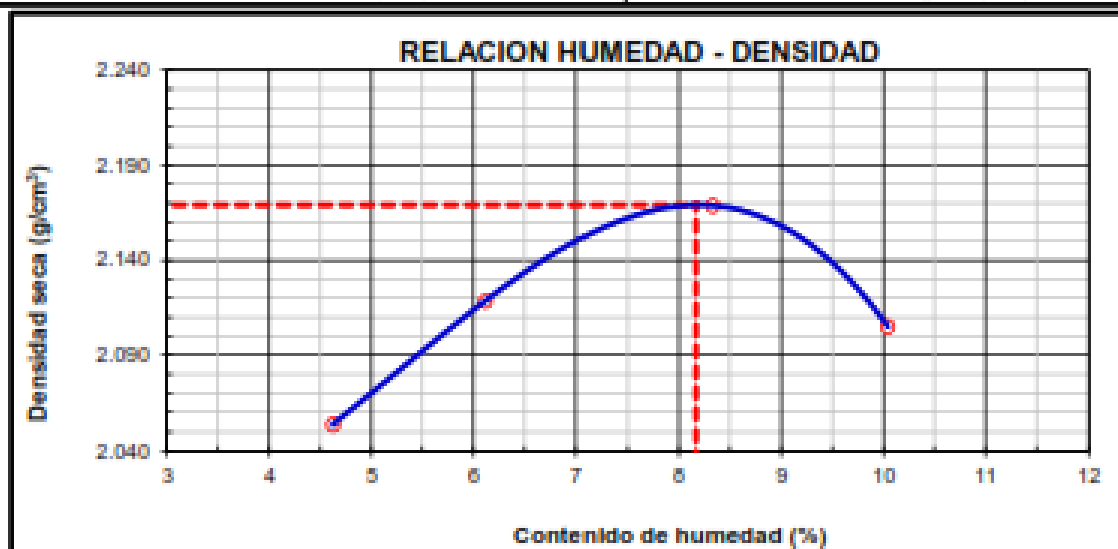
Lugar de Muestreo : CAPILLA Código Ensayo : QA-EMS-PE-01

Fecha Muestreo : 28/07/2017 Estructura : CALICATA #01

Fecha Ensayo : 30/07/2017 Página : 1 de 1

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD

METODO DE COMPACTACION :	C			Clasf. SUCS :	GP-GC
Peso suelo + molde	g	10,522	10,730	10,943	10,874
Peso molde	g	6014	6014	6014	6014
Peso suelo húmedo compactado	g	4,508	4,716	4,929	4,860
Volumen del molde	cm ³	2098	2098	2098	2098
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.149	2.248	2.349	2.316
Recipiente	N°	01	02	03	04
Peso del suelo húmedo + tara	g	2,037.0	2,483.0	2,107.0	2,224.0
Peso del suelo seco + tara	g	1,947.0	2,340.0	1,945.0	2,021.0
Peso de Recipiente	g	-	-	-	-
Peso de agua	g	90.0	143.0	162.0	203.0
Peso del suelo seco	g	1,947.0	2,340.0	1,945.0	2,021.0
Contenido de agua	%	4.62	6.11	8.33	10.04
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	2.054	2.118	2.169	2.105
	M.D.S. (g/cm ³)	2.169	M.D.S. Corregida (g/cm ³)		2.245
	O.C.H. (%)	8.2	O.C.H. Corregido (%)		6.3



COMENTARIO.-

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE SUELOS

ASTM - C127

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y
ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESOSAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL

Código

CMA-QA-EMS-F5

Revisión

15/08/2017

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : CAPILLA

N° de Registro : QA-EMS-F5-01

Lugar de Muestreo : CAPILLA

Codigo Ensayo : QA-EMS-GEA-01

Fecha Muestreo : 28/07/2017

Estructura : CALICATA #01

Fecha Ensayo : 30/07/2017

Página : 1 de 1

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS PARTICULAS DE SOBRETAMAÑO

Material Retenido en el Tamiz (mm)	3/4"				PROMEDIO
Temperatura de Ensayo °C	23.0 ± 1.7 °C				
Ensayo Nº	1	2			
Peso Mat. Sat. Superf. seco (en air) g	3,700.0	3,387.0			
Peso Mat. Sat. Superf. seco (en ag) g	2,273.0	2,084.0			
Volumen de masa + volumen de va g	1,427.0	1,303.0			
Peso de material seco (105°C) g	3,640.0	3,341.0			
Volumen de masa g	1,367.0	1,257.0			
Gravedad Especifica Bulk (base seca)	2.551	2.564			2.557
Gravedad Especifica Bulk (base saturada)	2.593	2.599			2.000
Gravedad Especifica Aparente (base seca)	2.663	2.656			2.660
Porcentaje de Absorción %	1.6	1.4			1.5

COMENTARIO.-

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



CORPORACION
GEMAPEL

ENSAYO DE SUELOS:

ASTM - D4718

CORRECCIÓN DEL PESO UNITARIO Y CONTENIDO
DE HUMEDAD PARA SUELOS CON PARTICULAS
SOBREDIMENSIONADAS

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL

Código

CMA-QA-EMS-F6

Revisión

15/08/2017

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : CAPILLA

N° de Registro : QA-EMS-F6-01

Lugar de Muestreo : CAPILLA

Código Ensayo : QA-EMS-CO-01

Fecha Muestreo : 28/07/2017

Estructura : CALICATA #01

Fecha Ensayo : 30/07/2017

Página : 1 de 1

CORRECCION DEL PESO UNITARIO Y CONTENIDO DE HUMEDAD

Pc = Porcentaje de Sobretamaño > 3/4"	%	22.7
Pf = Porcentaje de Fraccion Fina < 3/4"	%	77.3
Wc = Contenido de Humedad de la Fraccion de Sobretamaño	%	1.3
Gm = Gravedad Especifica de la Grava		2.557
Ab = Absorción del Sobretamaño	%	1.5
Dw = Gravedad Especifica del Agua		0.998
Df = Maxima Densidad Seca de la Fraccion < 3/4"	g/cm3	2.169
Wf = Optimo Contenido de Humedad de la Fraccion < 3/4"	%	6.2

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CORREGIDO (%)

$$OHC = (Pc * Wc + Pf * Wf) / 100$$

$$O.C.H.C. = 6.3$$

MAXIMA DENSIDAD SECA CORREGIDA (g/cm3)

$$DSC = [100 * (Df) * (Gm) * (Dw)] / [(Df * Pc) + (Gm * Dw * Pf)]$$

$$M.D.S.C. = 2.245$$

COMENTARIO:-

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technol



Engineering
Technology
Accredited
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
A : CORPORACION TEMAPEL S.A.C.
Obra : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4520 MSNM"
Ubicación : CONCESIÓN DE BENEFICIO SANSIL, DISTRITO DE CHONGOS ALTO - ACOBAMBILLA
Asunto : Ensayo de Compresión Triaxial - Consolidado Drenado (CD)
Expediente N° : 17-4393
Recibo N° : 55535
Fecha : 10/05/2017

1. DE LA MUESTRA : Suelo de fundación, Calicata #01 de la Cantera "CAPILLA".
Clasificación SUCS (ASTM D2487): Grava mal graduada con arcilla (GP-GC).

2. DE LOS EQUIPOS : Máquina de ensayo Triaxial TON/TECHNIK.
Certificado de Calibración LFP-221-2017

3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.165 y ASTM D7181

4. RESULTADOS

Fecha de extracción: 29/07/2017
Fecha de ensayo: 10/05/2017

ESPECIMEN - 01				ESPECIMEN - 02				ESPECIMEN - 03			
def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)	def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)	def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.04	13.00	0.17	5.00	0.04	14.00	0.16	5.00	0.04	7.00	0.13
10.00	0.07	15.00	0.21	10.00	0.07	21.00	0.24	10.00	0.07	10.00	0.15
15.00	0.11	22.00	0.24	15.00	0.11	26.00	0.29	15.00	0.11	15.00	0.19
20.00	0.14	26.00	0.27	20.00	0.14	36.00	0.37	20.00	0.14	19.00	0.22
25.00	0.18	32.00	0.32	25.00	0.18	45.00	0.42	25.00	0.18	32.00	0.32
30.00	0.21	36.00	0.35	30.00	0.21	53.00	0.46	30.00	0.21	44.00	0.41
35.00	0.25	41.00	0.38	35.00	0.25	62.00	0.55	35.00	0.25	60.00	0.53
40.00	0.29	45.00	0.42	40.00	0.29	70.00	0.61	40.00	0.29	71.00	0.62
45.00	0.32	50.00	0.46	45.00	0.32	79.00	0.66	45.00	0.32	83.00	0.71
50.00	0.36	55.00	0.50	50.00	0.36	86.00	0.73	50.00	0.36	95.00	0.80
55.00	0.39	59.00	0.53	55.00	0.39	94.00	0.79	55.00	0.39	107.00	0.89
60.00	0.43	65.00	0.57	60.00	0.43	103.00	0.86	60.00	0.43	119.00	0.99
65.00	0.46	69.00	0.60	65.00	0.46	110.00	0.92	65.00	0.46	135.00	1.11
70.00	0.50	73.00	0.63	70.00	0.50	117.00	0.97	70.00	0.50	147.00	1.20
75.00	0.54	78.00	0.67	75.00	0.54	123.00	1.01	75.00	0.54	161.00	1.31
80.00	0.57	82.00	0.70	80.00	0.57	130.00	1.07	80.00	0.57	173.00	1.40
85.00	0.61	87.00	0.74	85.00	0.61	135.00	1.11	85.00	0.61	182.00	1.47
90.00	0.64	91.00	0.77	90.00	0.64	140.00	1.14	90.00	0.64	194.00	1.56
95.00	0.68	94.00	0.79	95.00	0.68	144.00	1.17	95.00	0.68	204.00	1.63
100.00	0.71	97.00	0.81	100.00	0.71	150.00	1.22	100.00	0.71	214.00	1.71
105.00	0.75	101.00	0.84	105.00	0.75	155.00	1.26	105.00	0.75	224.00	1.78
110.00	0.79	104.00	0.87	110.00	0.79	159.00	1.29	110.00	0.79	234.00	1.86
115.00	0.82	107.00	0.89	115.00	0.82	162.00	1.31	115.00	0.82	246.00	1.95
120.00	0.86	110.00	0.91	120.00	0.86	166.00	1.34	120.00	0.86	254.00	2.01
125.00	0.89	112.00	0.93	125.00	0.89	169.00	1.36	125.00	0.89	264.00	2.08
130.00	0.93	114.00	0.94	130.00	0.93	173.00	1.38	130.00	0.93	274.00	2.16
135.00	0.96	117.00	0.96	135.00	0.96	177.00	1.42	135.00	0.96	282.00	2.22
140.00	1.00	119.00	0.98	140.00	1.00	180.00	1.44	140.00	1.00	290.00	2.28
145.00	1.04	122.00	1.00	145.00	1.04	183.00	1.47	145.00	1.04	296.00	2.34
150.00	1.07	123.00	1.01	150.00	1.07	186.00	1.49	150.00	1.07	305.00	2.39
155.00	1.11	125.00	1.02	155.00	1.11	189.00	1.51	155.00	1.11	313.00	2.45
160.00	1.14	127.00	1.04	160.00	1.14	192.00	1.53	160.00	1.14	323.00	2.53
165.00	1.18	128.00	1.05	165.00	1.18	194.00	1.55	165.00	1.18	331.00	2.59



UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511)381-3343



(511)481-1070 Anexo: 405814046



www.lem.uni.edu.pe

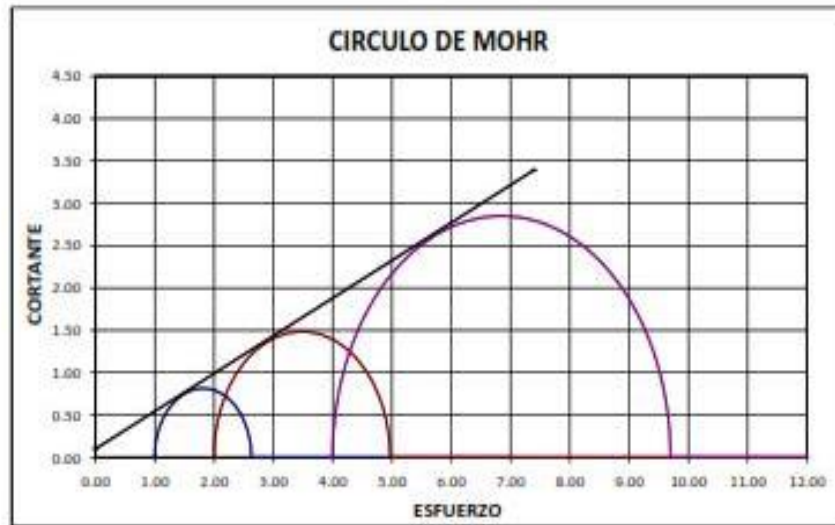


lem@uni.edu.pe

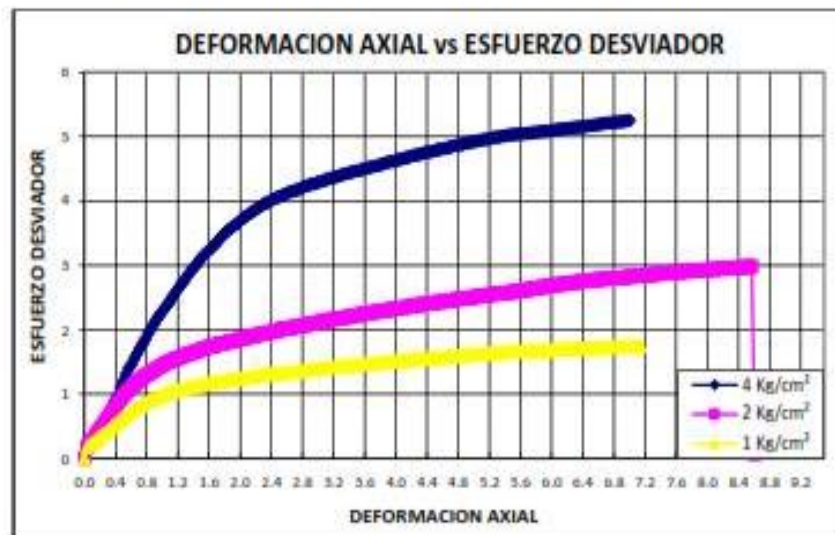


Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





Resultados de los parámetros al esfuerzo cortante según laboratorio:
Cohesión $C = 0.102 \text{ kg/cm}^2$
Angulo de Fricción $\phi = 36.00^\circ$



6. OBSERVACIONES: 1) La información referente a la ubicación del punto de falla de la Calicata #01 de la Cantera "CAPILLA" ha sido proporcionada por el solicitante.

Hecho por : Ing. A. Moreno V.
Técnico : E.G.V. / D.A.Z.



Ms. Ing. Ana Torre Carrillo

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar en forma de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso

Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511)381-3343



(511)481-1070 Anexo: 405814046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI



	ENSAYO DE SUELOS:	SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L. SANSIL	
	ASTM - D2216	Código	CMA-QAR-EMS-F1
CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO EN LABORATORIO		Revisión	20/12/2018

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Material : RELAVE N° de Registro : QAR-EMS-F1-01

Lugar de Muestreo : DEPOSITO RELAVE SANSIL Código Ensayo : QAR-EMS-CH-01

Fecha Muestreo : 13/12/2018 Estructura : EXTRACCION #01

Fecha Ensayo : 16/12/2018 Página : 1 de 1

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

N° de Muestra		1	2	3	PROMEDIO (%)
Recipiente	N°	24	08	04	
Peso Recp. + Mat.Suelo Humedo	g	125.32	123.12	126.32	
Peso Recp. + Mat.Suelo Seco	g	106.00	104.65	107.95	
Peso Recipiente	g	23.35	25.63	28.45	
Peso del Agua	g	19.32	18.47	18.37	
Peso del Material Seco	g	82.65	79.02	79.50	
Contenido de Humedad	%	23.38	23.37	23.11	23.29

PESO ESPECIFICO: ASTM D - 854

N° de Muestra		1	2	3	PROMEDIO (grs./cm3)
Recipiente	N°	15	17	13	
PESO FRASCO+AGUA+SUELO	g	532.65	528.65	549.65	
PESO FRASCO+AGUA	g	488.00	488.00	488.00	
PESO SUELO SECO	g	180.00	174.00	210.00	
PESO SUELO EN AGUA	g	44.65	40.65	61.65	
VOLUMEN DEL SUELO	cm3	135.35	133.35	148.35	
PESO ESPECIFICO	grs./cm3	1.33	1.30	1.42	1.35

COMENTARIOS:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE SUELOS

ASTM - D422
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

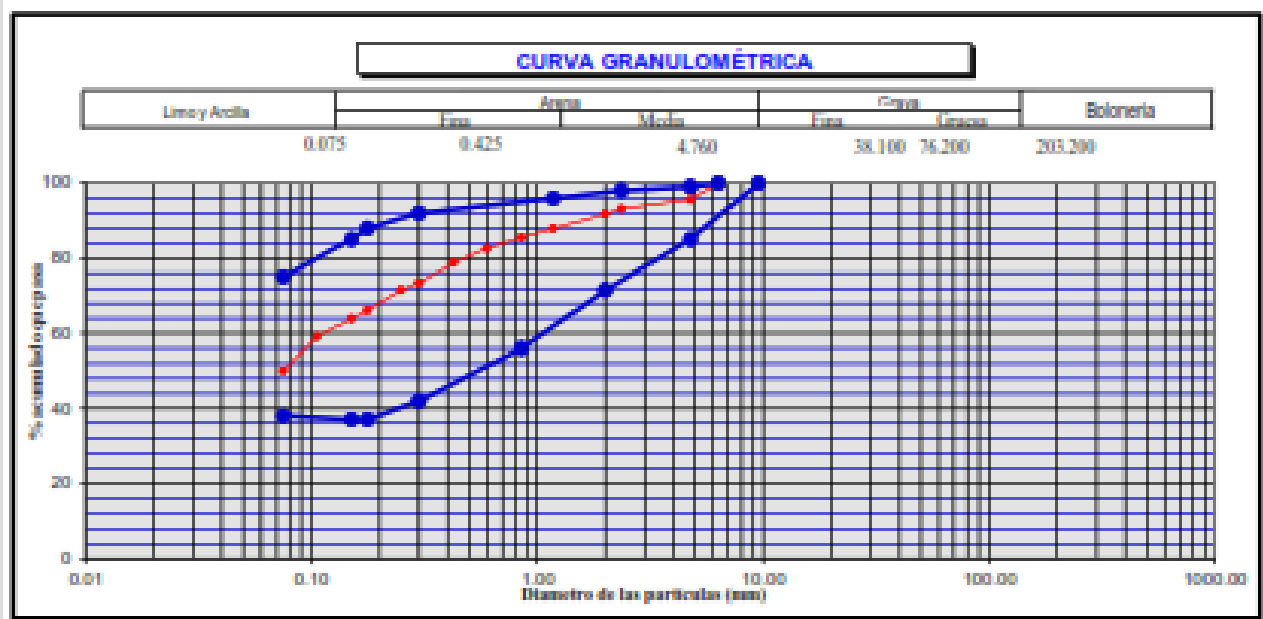
SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL

Código : CMA-QAR-EMS-F2
Revisión : 20/12/2018

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : RELAVE N° de Registro : QAR-EMS-F2-01
Lugar de Muestreo : DEPÓSITO RELAVE SANSIL Código Ensayo : QAR-EMS-AG-01
Fecha Muestreo : 13/12/2018 Estructura : EXTRACCIÓN #01
Fecha Ensayo : 16/12/2018 Página : 1 de 1

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESP. MATERIAL	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
ABERTURA (pulg)	ABERTURA (mm)						
6"	152.400						
4"	101.600						
3"	76.200						P. INIC. SECO : 545.0 g
2 1/2"	63.500						Fración Seca : 545.0 g
2"	50.800						Fración Lavada : 257 g
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						HUMEDAD NATURAL : 23.3 %
3/8"	9.525					100	
1/4"	6.350	0.00	0.0	0.0	100.0	100	LÍMITE LÍQUIDO : 33.37 %
N° 4	4.750	23.32	4.28%	4.28%	95.7	99 85	LÍMITE PLÁSTICO : 31.28 %
N° 8	2.360	12.32	2.26%	6.54%	93.2	98	ÍNDICE PLÁSTICO : 2.11 %
N° 10	2.000	16.52	3.03%	9.57%	91.8	72	
N° 15	1.180	20.12	3.69%	13.26%	87.9	95	CLASIFICACIÓN : (ASTM - D2487)
N° 20	0.850	6.85	1.26%	14.52%	85.5	98	SUCS : ML
N° 30	0.600	10.25	1.88%	16.40%	82.6		AASHTO : A-6(4)
N° 40	0.425	26.32	4.83%	21.23%	78.8		
N° 50	0.300	28.65	5.26%	26.49%	73.5	92 42	COMENTARIOS:-
N° 60	0.250	10.85	1.99%	28.48%	71.5		
N° 80	0.177	30.85	5.66%	34.14%	66.2	88 37	
N° 100	0.150	10.52	1.93%	36.07%	63.9	85 37	
N° 140	0.106	20.89	3.83%	39.90%	59.1		
N° 200	0.075	75.32	13.82%	53.72%	50.1	75 38	
- N° 200	FONDO	252.23	46.28%	100.00%	0.0		



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:

**ENSAYO DE SUELOS:****ASTM - D4318****DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, PLÁSTICO E
ÍNDICE DE PLASTICIDAD - LÍMITES DE ATTERBERG****SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL**Código: CMA-QAR-EMS-F3
Revisión: 20/12/2018

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : RELAVE N° de Registro : QAR-EMS-F3-01

Lugar de Muestreo: DEPOSITO RELAVE SANSIL Código Ensayo : QAR-EMS-LA-01

Fecha Muestreo : 13/12/2018 Estructura : EXTRACCION #01

Fecha Ensayo : 16/12/2018 Página : 1 de 1

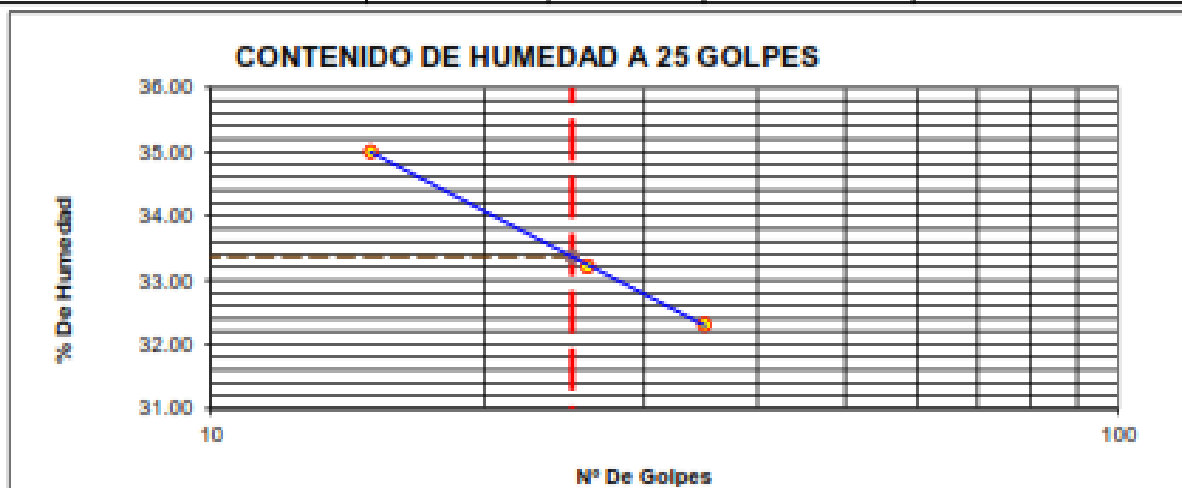
LÍMITE LÍQUIDO

N° TARRO		T - 02	T - 04	T - 05
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	g	65.32	66.23	60.25
PESO TARRO + SUELO SECO	g	54.43	56.00	50.45
PESO DE AGUA	g	10.89	10.23	9.80
PESO DEL TARRO	g	23.32	25.20	20.12
PESO DEL SUELO SECO	g	31.11	30.80	30.33
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.00	33.21	32.31
NUMERO DE GOLPES	N°	15	26	35

33.37

LÍMITE PLÁSTICO

N° TARRO		T - 03	T - 06	T - 07
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	g	62.11	63.10	55.52
PESO TARRO + SUELO SECO	g	51.25	52.00	45.85
PESO DE AGUA	g	10.86	11.10	9.67
PESO DEL TARRO	g	16.63	16.56	14.74
PESO DEL SUELO SECO	g	34.62	35.44	31.11
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	%	31.37	31.32	31.08

**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LÍMITE LÍQUIDO	33.37
LÍMITE PLÁSTICO	31.26
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	2.11

COMENTARIOS -

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



ENSAYO DE SUELOS

ASTM - D698
PROCTOR ESTANDAR

SAN ANTONIO DE SILVER S.R.L.
SANSIL

Código : CMA-QAR-EMS-F4
Revisión : 20/12/2018

Proyecto : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4820 MSNM"

Cantera : RELAVE N° de Registro : QAR-EMS-F4-01

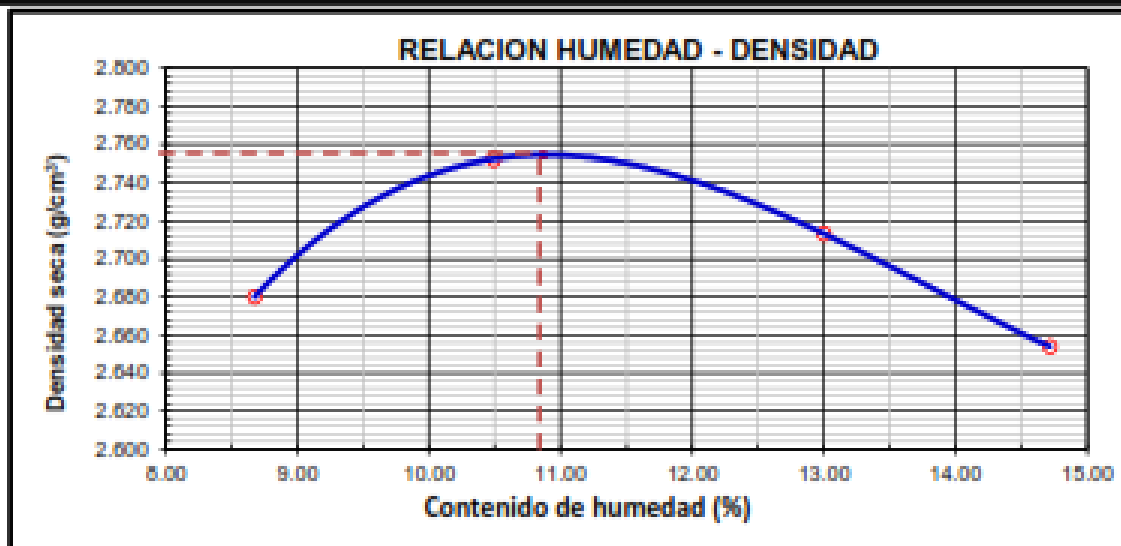
Lugar de Muestreo : DEPOSITO RELAVE SANSIL Código Ensayo : QAR-EMS-PE-01

Fecha Muestreo : 13/12/2018 Estructura : EXTRACCION #01

Fecha Ensayo : 16/12/2018 Página : 1 de 1

DENSIDAD MAXIMA / CONTENIDO HUMEDAD

METODO DE COMPACTACION :	A			Clasf. SUCS :	ML
Peso suelo + molde	g	12,788	13,066	13,120	13,073
Peso molde	g	6445	6445	6445	6445
Peso suelo húmedo compactado	g	6,341	6,621	6,675	6,628
Volumen del molde	cm ³	2177	2177	2177	2177
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.913	3.041	3.066	3.045
Recipiente	N°	01	02	03	04
Peso del suelo húmedo + tara	g	157.8	157.7	156.9	157.1
Peso del suelo seco + tara	g	149.7	148.0	145.4	144.2
Peso de Recipiente	g	56.6	55.9	56.6	56.6
Peso de agua	g	8.1	9.7	11.5	12.9
Peso del suelo seco	g	92.9	92.2	88.8	87.6
Contenido de agua	%	8.67	10.49	13.00	14.71
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	2.680	2.752	2.713	2.654
	M.D.S. (g/cm ³)	2.754		M.D.S. Corregida (g/cm ³) 2.754	
	O.C.H. (%)	10.9		O.C.H. Corregido (%) 10.9	



COMENTARIO.- La Densidad in situ del relave es de 1.35 g/cm³

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Fecha:	Fecha:	Fecha:



INFORME

Del : Laboratorio N°1 Ensayo de Materiales
 A : CORPORACION TEMAPEL S.A.C.
 Obra : "CONSTRUCCIÓN DEL DEPÓSITO DE RELAVES SANSIL ETAPA I - COTA 4020 MSNM"
 Ubicación : CONCESIÓN DE BENEFICIO SANSIL, DISTRITO DE CHONGOS ALTO - ACOBAMBILLA
 Asunto : Ensayo de Compresión Triaxial – No Consolidado y No Drenado (UU)
 Expediente N° : 15-4013
 Recibo N° : 59214
 Fecha : 17/12/2015

1. DE LA MUESTRA : Material de relave, Muestra del Deposito "SANSIL".
 Clasificación SUCS (ASTM D2487): Limo Baja Plasticidad Arenosa (ML).
2. DE LOS EQUIPOS : Máquina de ensayo Triaxial TON/TECHNIK.
 Certificado de Calibración LFP-221-2017
3. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia NTP 339.164 y ASTM D2000
4. RESULTADOS

Fecha de extracción: 13/12/2015
 Fecha de ensayo: 17/12/2015

ESPECIMEN - 01				ESPECIMEN - 02				ESPECIMEN - 03			
def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)	def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)	def	DEF %	lec. Anillo	Est. Desv (Kg/cm²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.00	0.04	4.00	0.11	5.00	0.04	6.00	0.14	5.00	0.04	27.00	0.26
10.00	0.07	10.00	0.15	10.00	0.07	33.00	0.33	10.00	0.07	51.00	0.47
15.00	0.11	20.00	0.23	15.00	0.11	53.00	0.48	15.00	0.11	74.00	0.64
20.00	0.14	30.00	0.30	20.00	0.14	75.00	0.65	20.00	0.14	91.00	0.77
25.00	0.16	41.00	0.39	25.00	0.16	94.00	0.80	25.00	0.16	125.00	1.03
30.00	0.21	55.00	0.50	30.00	0.21	110.00	0.92	30.00	0.21	149.00	1.22
35.00	0.25	67.00	0.68	35.00	0.25	127.00	1.05	35.00	0.25	170.00	1.36
40.00	0.28	78.00	0.87	40.00	0.28	142.00	1.16	40.00	0.28	182.00	1.55
45.00	0.32	89.00	0.76	45.00	0.32	158.00	1.29	45.00	0.32	213.00	1.71
50.00	0.35	99.00	0.83	50.00	0.35	172.00	1.39	50.00	0.35	231.00	1.84
55.00	0.39	109.00	0.91	55.00	0.39	185.00	1.49	55.00	0.39	249.00	1.98
60.00	0.42	120.00	0.99	60.00	0.42	200.00	1.61	60.00	0.42	266.00	2.11
65.00	0.48	142.00	1.16	65.00	0.48	214.00	1.71	65.00	0.48	283.00	2.24
70.00	0.49	140.00	1.15	70.00	0.49	227.00	1.81	70.00	0.49	299.00	2.36
75.00	0.53	146.00	1.21	75.00	0.53	239.00	1.90	75.00	0.53	315.00	2.46
80.00	0.56	158.00	1.28	80.00	0.56	250.00	1.99	80.00	0.56	327.00	2.57
85.00	0.60	165.00	1.34	85.00	0.60	260.00	2.06	85.00	0.60	341.00	2.69
90.00	0.63	175.00	1.41	90.00	0.63	270.00	2.14	90.00	0.63	354.00	2.78
95.00	0.67	182.00	1.46	95.00	0.67	279.00	2.20	95.00	0.67	366.00	2.87
100.00	0.70	189.00	1.52	100.00	0.70	288.00	2.27	100.00	0.70	378.00	2.96
105.00	0.74	196.00	1.59	105.00	0.74	296.00	2.33	105.00	0.74	388.00	3.04
110.00	0.77	203.00	1.62	110.00	0.77	303.00	2.39	110.00	0.77	399.00	3.12
115.00	0.81	208.00	1.66	115.00	0.81	310.00	2.44	115.00	0.81	410.00	3.20
120.00	0.85	212.00	1.69	120.00	0.85	318.00	2.50	120.00	0.85	420.00	3.28
125.00	0.88	216.00	1.72	125.00	0.88	325.00	2.55	125.00	0.88	430.00	3.35
130.00	0.92	220.00	1.75	130.00	0.92	332.00	2.60	130.00	0.92	440.00	3.43
135.00	0.95	222.00	1.78	135.00	0.95	338.00	2.65	135.00	0.95	450.00	3.50
140.00	0.99	226.00	1.79	140.00	0.99	345.00	2.70	140.00	0.99	458.00	3.56
145.00	1.02	229.00	1.82	145.00	1.02	351.00	2.75	145.00	1.02	467.00	3.63
150.00	1.06	231.00	1.83	150.00	1.06	357.00	2.79	150.00	1.06	475.00	3.69
155.00	1.09	234.00	1.85	155.00	1.09	363.00	2.83	155.00	1.09	483.00	3.75
160.00	1.13	236.00	1.87	160.00	1.13	369.00	2.86	160.00	1.13	491.00	3.81
165.00	1.16	238.00	1.88	165.00	1.16	374.00	2.92	165.00	1.16	498.00	3.86
170.00	1.20	240.00	1.90	170.00	1.20	379.00	2.95	170.00	1.20	506.00	3.92
175.00	1.23	242.00	1.91	175.00	1.23	384.00	2.99	175.00	1.23	512.00	3.96
180.00	1.27	244.00	1.93	180.00	1.27	389.00	3.02	180.00	1.27	518.00	4.01
185.00	1.30	246.00	1.94	185.00	1.30	392.00	3.05	185.00	1.30	524.00	4.05





Resultados de los parámetros al esfuerzo cortante según laboratorio:
Cohesión $C = 0.000$ kg/cm²
Angulo de Fricción $\phi = 15.00^\circ$



6. OBSERVACIONES: 1) La información referente a la ubicación del punto de extracción de la Calicata #01 de la Cantera "CAPILLA" ha sido proporcionada por el solicitante.

Hecho por : Ing. A. Moreno
Técnico : E.G.V. / D.A.Z.



Ing. Ana Torre Carrillo

NOTAS

- 1) Está prohibido reproducir o modificar sin forma de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



UNI-LEM

La Calidad es nuestro compromiso
Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343

(511) 481-1070 Anexo: 405814046



www.lem.uni.edu.pe

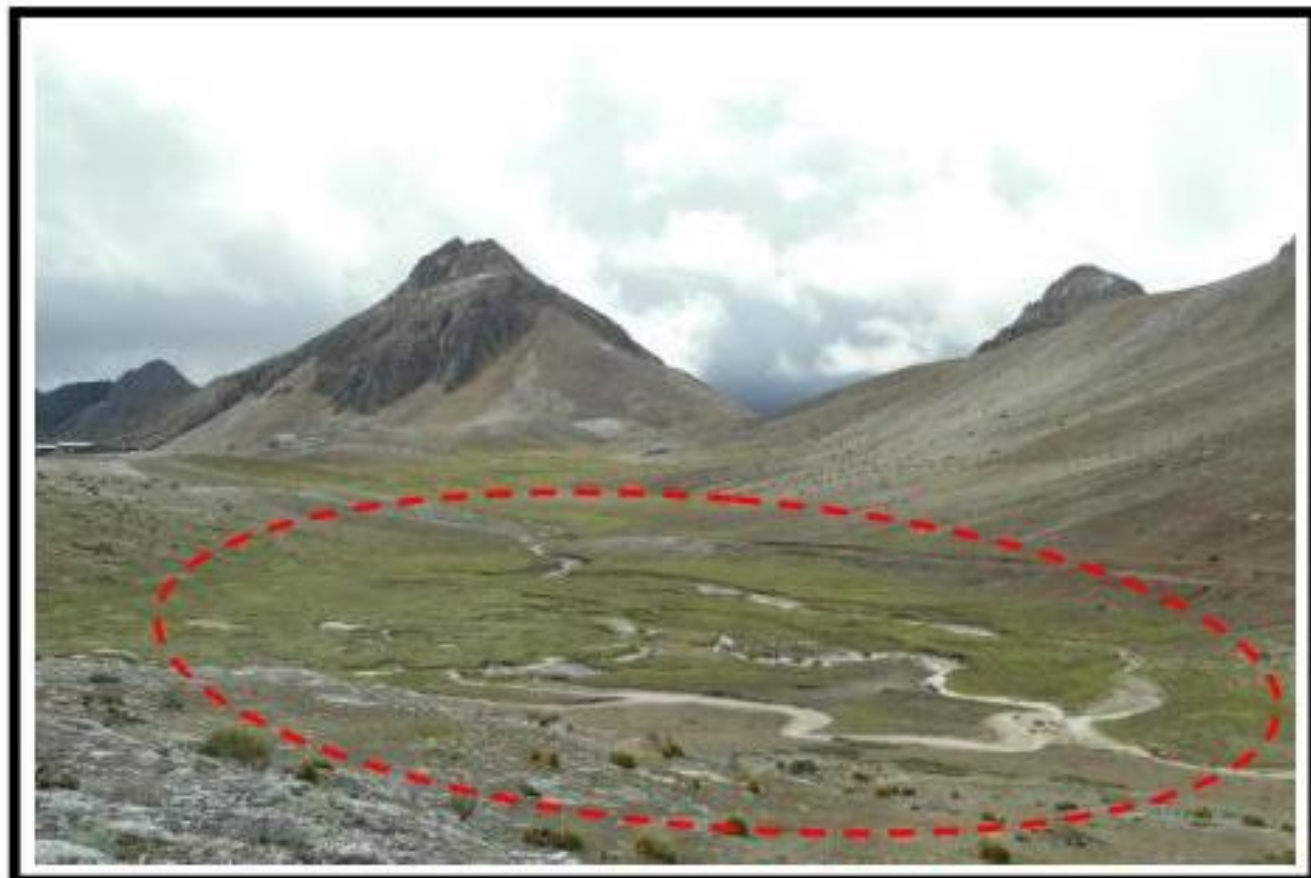


lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
de Materiales - UNI





Fotografía 01 : Vista Mostrando el Terreno donde se Construirá el Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa, Ubicado en la Concesión de Beneficio SANSIL, Distrito de Chongos Alto-Acobambilla, Provincia de Huancayo-Huancavelica, Departamento de Junín-Huancavelica.



Fotografía 02 : Vista Mostrando el Sondaje (S-1), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa.



Fotografía 03 : Vista Mostrando el Sondaje (S-3), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa.



Fotografía 04 : Vista Mostrando el Sondaje (S-4), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa.



Fotografía 05 : Vista Interior de la Calicata (C-4), Realizada en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa. Se Puede Aprender en las Paredes y Fondo de la Excavación el Subsuelo Constituido por Suelo Coluvial que Clasifica como Arena Arcillo Limosa con Grava (SM-SC).



Fotografía 06 : Vista Mostrando el Sondaje (S-5), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa.



Fotografía 07 : Vista Mostrando el Sondaje (S-6), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa.



Fotografía 08 : Vista Mostrando el Sondaje (S-7), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación de Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa.



Fotografía 09 : Vista Mostrando el Sondaje (S-8), Realizado con Equipo de Penetración Dinámico (Cono de Peck) en la Cimentación del Dique del Depósito de Relaves "SANSIL" - Primera Etapa.



Fotografía 10 : Vista Exterior de la Calicata (C-8), Realizada en la Cimentación del Dique del Depósito de Relaves "SANSIL" – Primera Etapa. Se Puede Apreciar el Material Excavado Constituido por Suelo Coluvial que Clasifica como Grava Limosa con Arena (GM).

ANEXO N° 05

- Comprobación individual de las hipótesis de la investigación mediante la correlación de **estadística de Pearson**.

COMPROBACIÓN INDIVIDUAL DE LAS HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN MEDIANTE LA CORRELACIÓN DE ESTADÍSTICA DE PEARSON

1.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

1.1.1. HIPÓTESIS GENERAL

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis general (**HG.**).

HG.: El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018

Ho.: El análisis de estabilidad del dique no genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ha.: $r=1$**).

Ha.: El análisis de estabilidad del dique genera resultados en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ho.: $r\neq 1$**).

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística de Pearson**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la siguiente tabla:

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	INTERPRETACIÓN
Si: $r = +1$	Correlación positiva perfecta.
Si: $0 < r < 1$	Refleja que se da una correlación positiva.
Si: $r = 0$	En este caso no hay una relación lineal.
Si: $-1 < r < 0$	Indica que existe una correlación negativa.
Si: $r = -1$	Indica una correlación negativa perfecta.

Tabla N° 01: Coeficiente de Correlación.

Fuente: Rankia.cl.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

1. En Condiciones Estáticas.

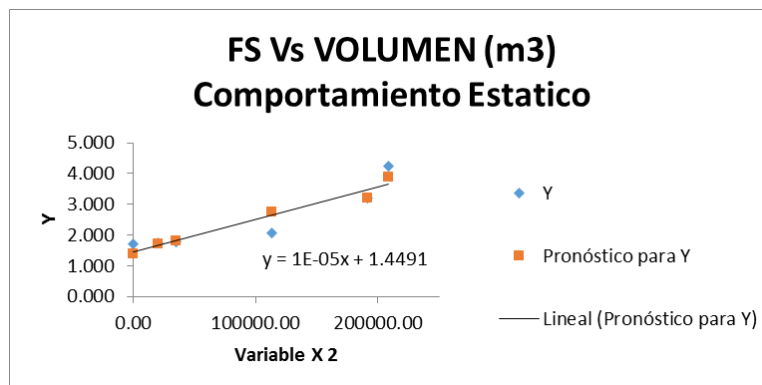
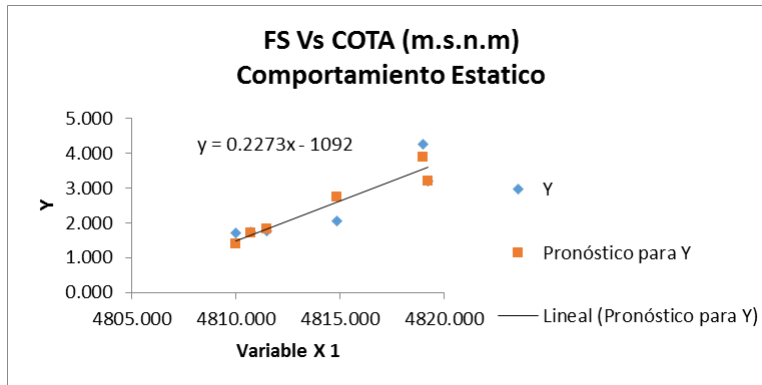
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.932
Coefficiente de determinación R ²	0.868
R ² ajustado	0.781
Error típico	0.489
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	4.741	2.371	9.905	0.048
Residuos	3	0.718	0.239		
Total	5	5.459			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	2292.350	3002.001	0.764	0.501	-7261.358	11846.058	-7261.358	11846.058
Variable X 1	-0.476	0.624	-0.763	0.501	-2.463	1.510	-2.463	1.510
Variable X 2	3.23E-05	2.8579E-05	1.131	0.340	-5.86147E-05	0.000	-5.86147E-05	0.000



2. En Condiciones Pseudo Estático.

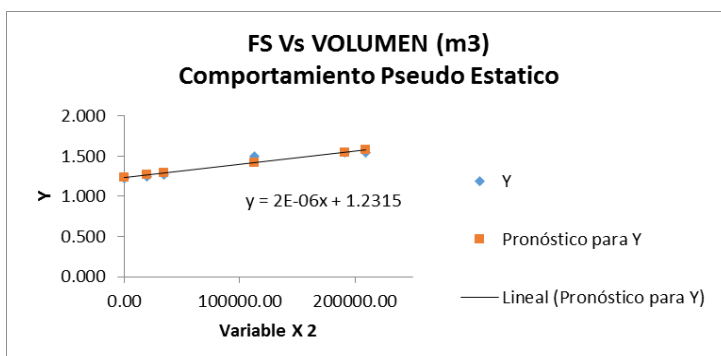
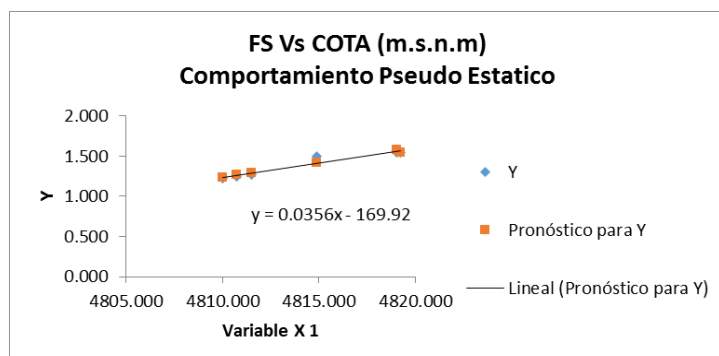
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.961
Coefficiente de determinación R ²	0.924
R ² ajustado	0.874
Error típico	0.055
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	0.110	0.055	18.362	0.021
Residuos	3	0.009	0.003		
Total	5	0.119			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	27.297	335.346	0.081	0.940	-1039.924	1094.517	-1039.924	1094.517
Variable X 1	-0.005	0.070	-0.078	0.943	-0.227	0.216	-0.227	0.216
Variable X 2	1.8842E-06	3.1924E-06	0.590	0.597	-8.27554E-06	1.2044E-05	-8.27554E-06	1.2044E-05



Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de F. de la prueba de Pearson no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de $F. < 0.05$, se rechaza la H_0 .

Valor crítico de $F. > 0.05$, no se rechaza la H_0 .

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación de Pearson.

Para 01° caso: se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.932 entre Factor de seguridad y la cota (m.s.n.m.) según el volumen de almacenamiento de relave. Además, se precisa un nivel de confianza de 93.2% de la variación de la cota (m.s.n.m.) según el volumen de almacenamiento se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.048 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Para 02° caso: se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.961 entre Factor de seguridad y la cota (m.s.n.m.) según el volumen de almacenamiento de relave. Además, se precisa un nivel de confianza de 96.1% de la variación de la cota (m.s.n.m.) según el volumen de almacenamiento se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.021 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HG.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HG. se acredita como verdadera, demostrando que El análisis de estabilidad del dique genera resultados para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

1.1.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA (a.).

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis específica (**HE1.**).

HE1.: El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El método de equilibrio limite no favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ha.: r=1**).

Ha.: El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ho.: r≠1**).

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística de Pearson**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la tabla N°01.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

1. Condiciones Estáticas.

- a) Método Bishop Simplificado - en Condiciones Estáticas.
- Sección Critica “A-A

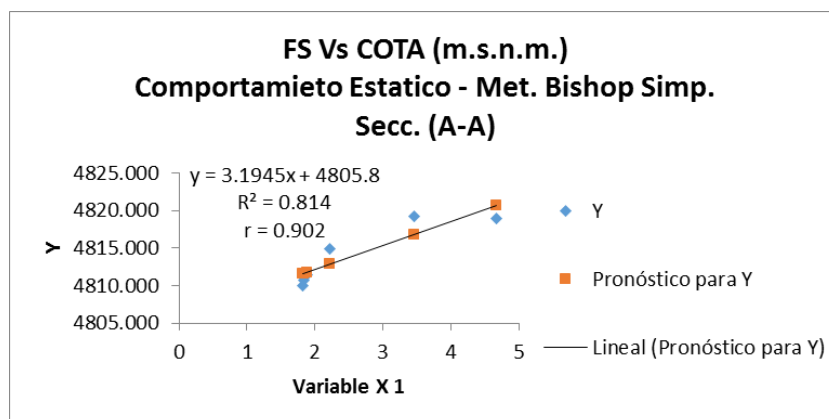
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coeficiente de correlación múltiple	0.902
Coeficiente de determinación R ²	0.814
R ² ajustado	0.767
Error típico	1.999
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.816	69.816	17.463	0.014
Residuos	4	15.992	3.998		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.756	2.184	2200.051	2.56106E-13	4799.691	4811.821	4799.691	4811.821
Variable X 1	3.194	0.764	4.179	0.014	1.072	5.317	1.072	5.317



- Sección Crítica “B-B”

Resumen

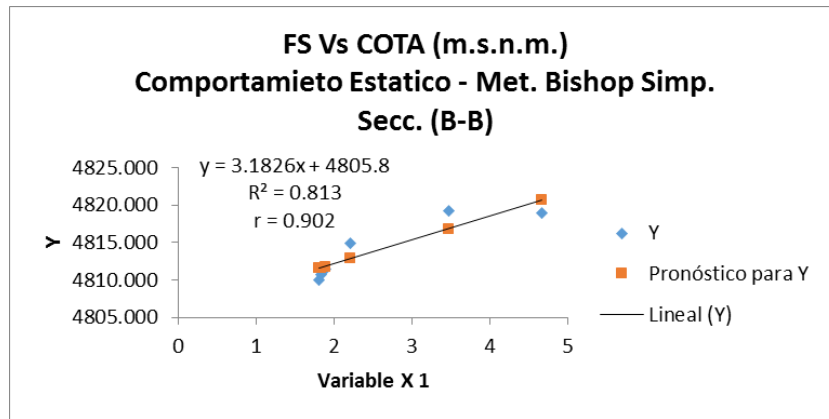
Estadísticas de la regresión

Coeficiente de correlación múltiple	0.902
Coeficiente de determinación R ²	0.813
R ² ajustado	0.766
Error típico	2.003
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.762	69.762	17.392	0.014
Residuos	4	16.045	4.011		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.806	2.178	2207.028	2.52883E-13	4799.761	4811.852	4799.761	4811.852
Variable X 1	3.183	0.763	4.170	0.014	1.064	5.301	1.064	5.301



b) Método GLE/Morgenstem-Price - en Condiciones Estáticas.

- Sección Crítica “A-A”

Resumen

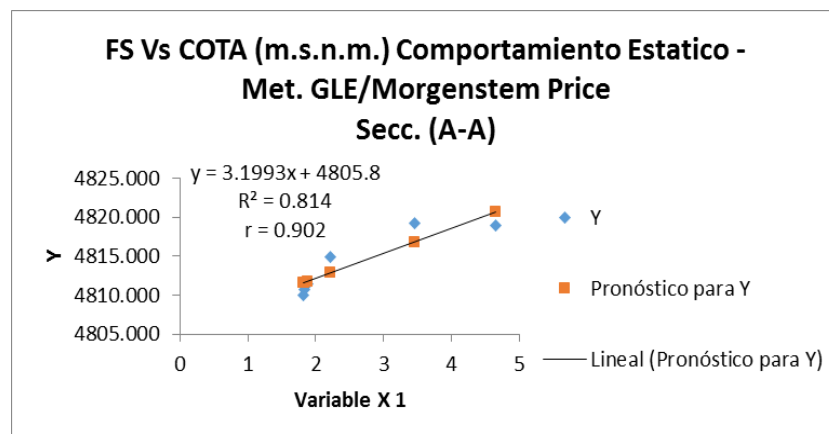
Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.902
Coefficiente de determinación R ²	0.814
R ² ajustado	0.767
Error típico	1.999
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	69.821	69.821	17.470	0.014
Residuos	4	15.986	3.997		
Total	5	85.807			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4805.773	2.180	2204.409	0.000	4799.721	4811.826	4799.721	4811.826
Variable X 1	3.199	0.765	4.180	0.014	1.074	5.325	1.074	5.325



- Sección Crítica “B-B”

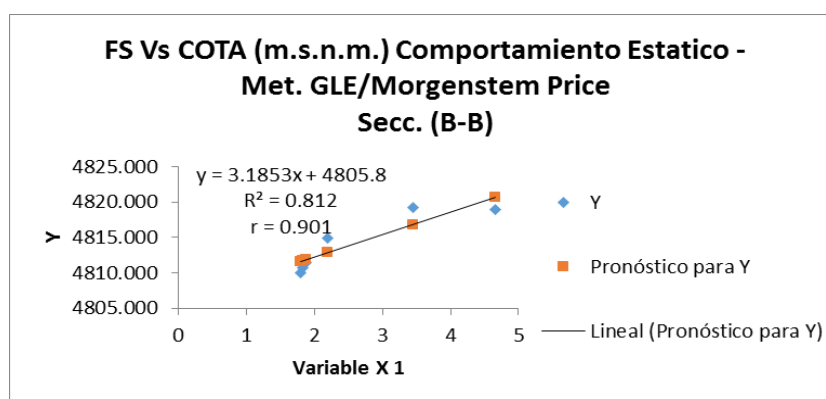
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.901
Coefficiente de determinación R ²	0.812
R ² ajustado	0.765
Error típico	2.007
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.701	69.701	17.311	0.014
Residuos	4	16.106	4.026		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.832	2.177	2207.739	2.52557E-13	4799.788	4811.876	4799.788	4811.876
Variable X 1	3.185	0.766	4.161	0.014	1.060	5.311	1.060	5.311



- c) Método Jambu Simplificado - en Condiciones Estáticas.

- Sección Crítica “A-A”

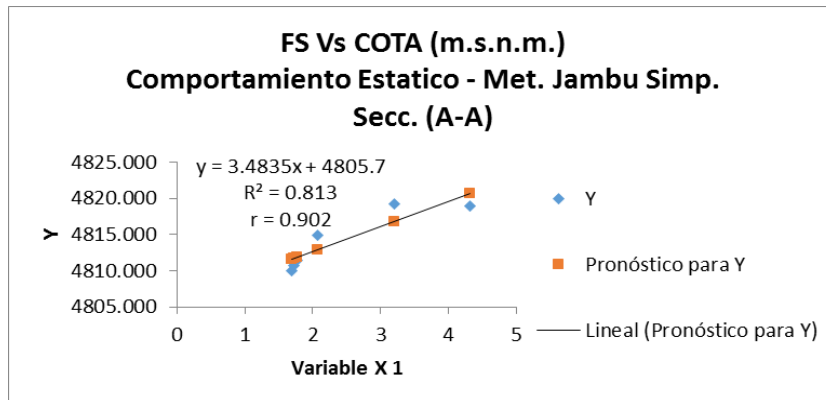
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.902
Coefficiente de determinación R ²	0.813
R ² ajustado	0.766
Error típico	2.003
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.759	69.759	17.388	0.014
Residuos	4	16.048	4.012		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.662	2.210	2174.656	2.6828E-13	4799.527	4811.798	4799.527	4811.798
Variable X 1	3.483	0.835	4.170	0.014	1.164	5.803	1.164	5.803



- Sección Crítica “B-B”

Resumen

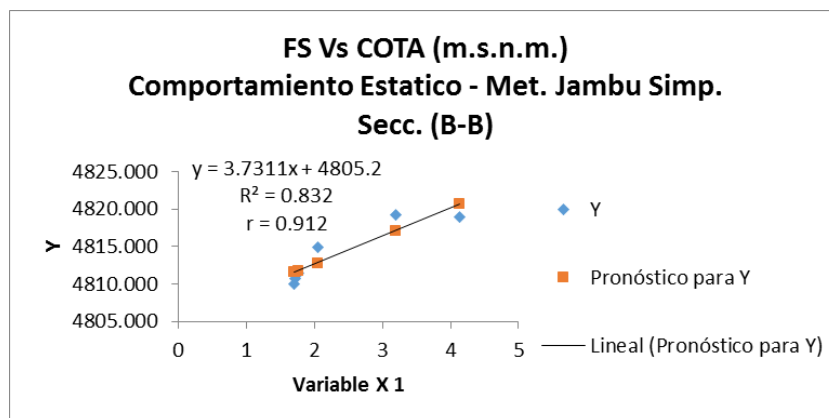
Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.912
Coefficiente de determinación R ²	0.832
R ² ajustado	0.790
Error típico	1.897
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	71.420	71.420	19.856	0.011
Residuos	4	14.387	3.597		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.184	2.171	2213.092	2.50122E-13	4799.155	4811.212	4799.155	4811.212
Variable X 1	3.731	0.837	4.456	0.011	1.406	6.056	1.406	6.056



d) Método Spencer - en Condiciones Estáticas.

- Sección Crítica “A-A”

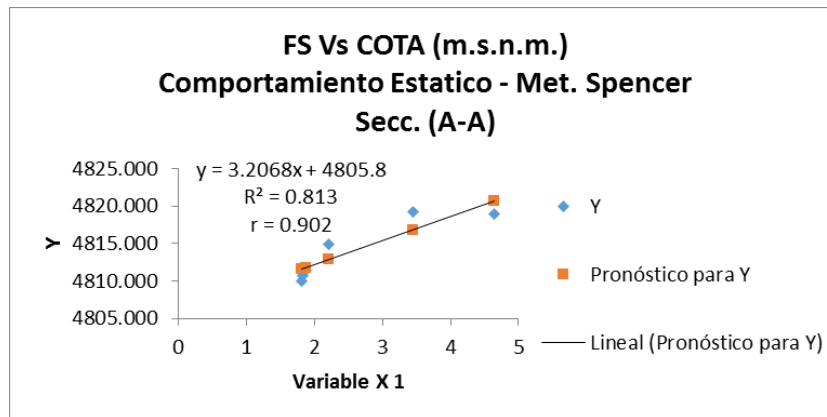
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.902
Coefficiente de determinación R ²	0.813
R ² ajustado	0.767
Error típico	2.001
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.784	69.784	17.420	0.014
Residuos	4	16.024	4.006		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.760	2.186	2198.362	2.56894E-13	4799.691	4811.830	4799.691	4811.830
Variable X 1	3.207	0.768	4.174	0.014	1.074	5.340	1.074	5.340



- Sección Crítica “B-B”

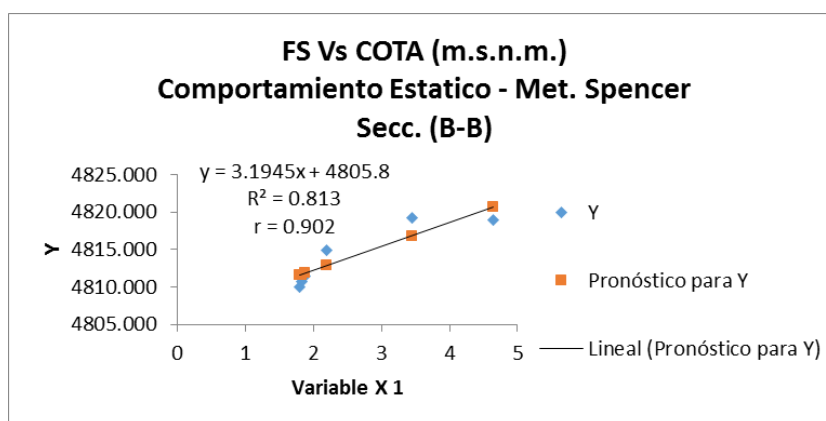
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.902
Coefficiente de determinación R ²	0.813
R ² ajustado	0.766
Error típico	2.004
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	69.750	69.750	17.375	0.014
Residuos	4	16.057	4.014		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4805.813	2.177	2207.451	2.52689E-13	4799.768	4811.857	4799.768	4811.857
Variable X 1	3.195	0.766	4.168	0.014	1.067	5.322	1.067	5.322



2. Condiciones Pseudo Estáticas.

a) Método Bishop Simplificado - en Condiciones Pseudo Estáticas.

- Sección Crítica “A-A”

Resumen

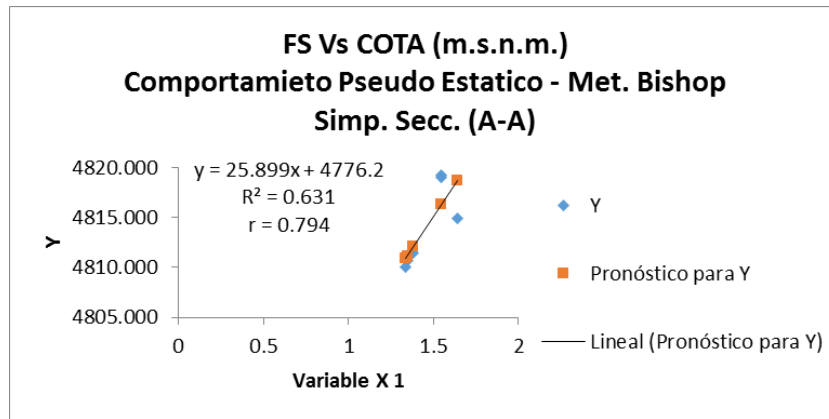
Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.794
Coefficiente de determinación R ²	0.631
R ² ajustado	0.539
Error típico	2.813
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	54.156	54.156	6.844	0.059
Residuos	4	31.651	7.913		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4776.238	14.565	327.928	5.18813E-10	4735.799	4816.676	4735.799	4816.676
Variable X 1	25.899	9.900	2.616	0.059	-1.587	53.385	-1.587	53.385



- Sección Crítica “B-B”

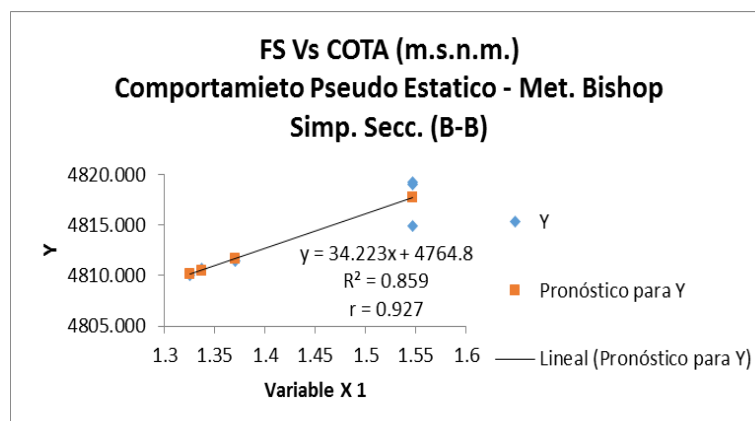
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.927
Coefficiente de determinación R^2	0.859
R^2 ajustado	0.823
Error típico	1.742
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	73.667	73.667	24.272	0.008
Residuos	4	12.140	3.035		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4764.754	10.066	473.341	1.19521E-10	4736.806	4792.702	4736.806	4792.702
Variable X 1	34.223	6.946	4.927	0.008	14.936	53.509	14.936	53.509



b) Método GLE/Morgenstem-Price - en Condiciones Pseudo Estáticas.

- Sección Critica “A-A”

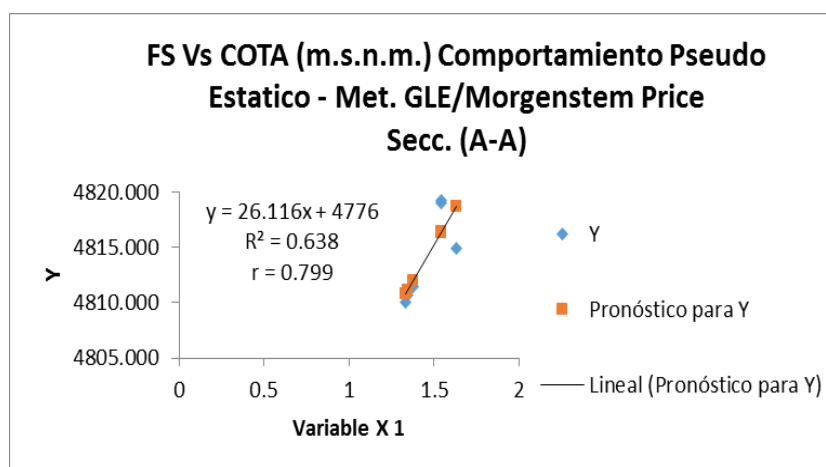
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.799
Coefficiente de determinación R ²	0.638
R ² ajustado	0.547
Error típico	2.788
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	54.714	54.714	7.039	0.057
Residuos	4	31.094	7.773		
Total	5	85.807			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4776.002	14.451	330.487	5.02931E-10	4735.878	4816.126	4735.878	4816.126
Variable X 1	26.116	9.844	2.653	0.057	-1.215	53.447	-1.215	53.447



- Sección Critica “B-B”

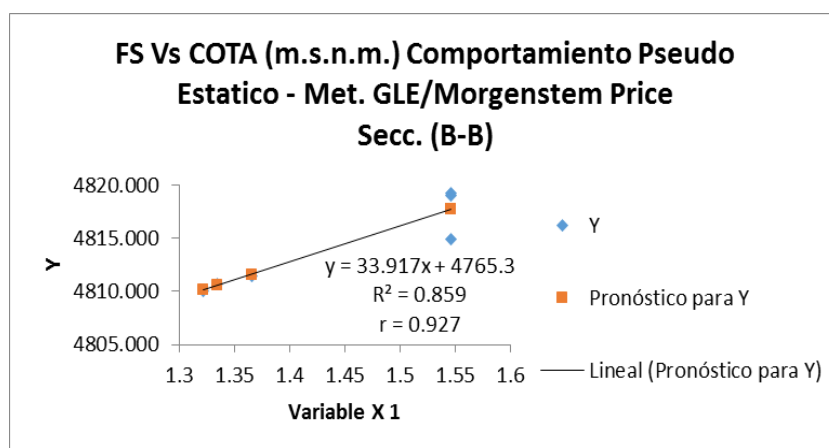
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.927
Coefficiente de determinación R ²	0.859
R ² ajustado	0.823
Error típico	1.740
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	73.690	73.690	24.326	0.008
Residuos	4	12.117	3.029		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4765.264	9.952	478.829	1.14135E-10	4737.633	4792.895	4737.633	4792.895
Variable X 1	33.917	6.877	4.932	0.008	14.824	53.009	14.824	53.009



c) Método Jambu Simplificado - en Condiciones Pseudo Estáticas.

- Sección Crítica “A-A”

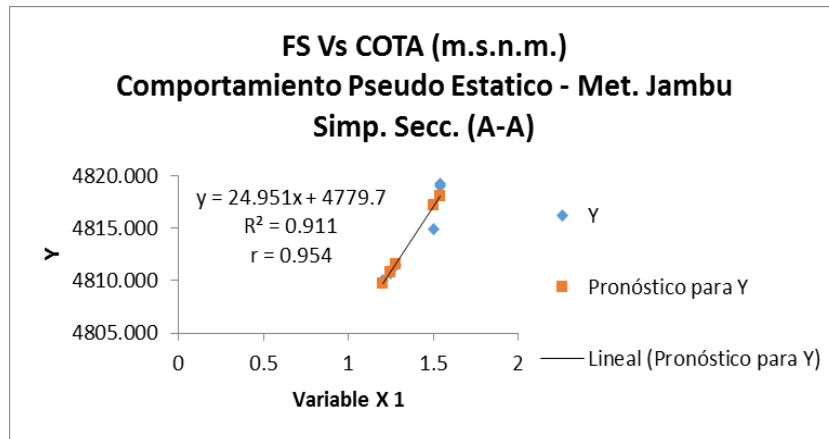
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.954
Coefficiente de determinación R ²	0.911
R ² ajustado	0.889
Error típico	1.383
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	78.162	78.162	40.894	0.003
Residuos	4	7.645	1.911		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4779.678	5.431	880.016	1.00043E-11	4764.598	4794.758	4764.598	4794.758
Variable X 1	24.951	3.902	6.395	0.003	14.118	35.784	14.118	35.784



- Sección Crítica “B-B”

Resumen

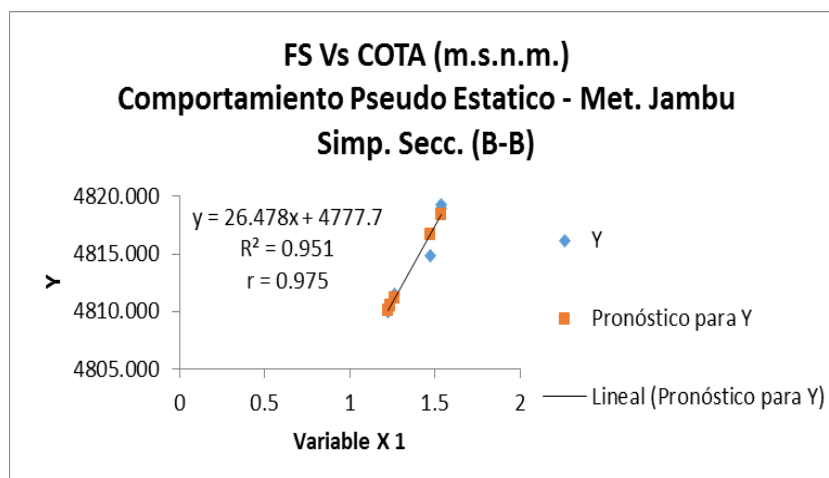
Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.975
Coefficiente de determinación R^2	0.951
R^2 ajustado	0.938
Error típico	1.028
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	81.581	81.581	77.219	0.001
Residuos	4	4.226	1.056		
Total	5	85.807			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4777.697	4.178	1143.612	3.5078E-12	4766.098	4789.296	4766.098	4789.296
Variable X 1	26.478	3.013	8.787	0.001	18.112	34.843	18.112	34.843



d) Método Spencer - en Condiciones Pseudo Estáticas.

- Sección Critica “A-A”

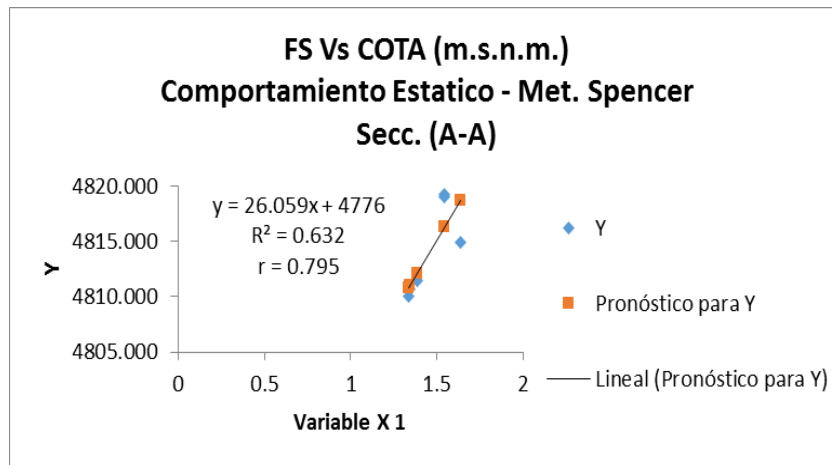
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.795
Coefficiente de determinación R ²	0.632
R ² ajustado	0.540
Error típico	2.809
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	54.249	54.249	6.876	0.059
Residuos	4	31.558	7.890		
Total	5	85.807			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4776.046	14.604	327.036	5.24493E-10	4735.499	4816.593	4735.499	4816.593
Variable X 1	26.059	9.938	2.622	0.059	-1.533	53.651	-1.533	53.651



- Sección Critica “B-B”

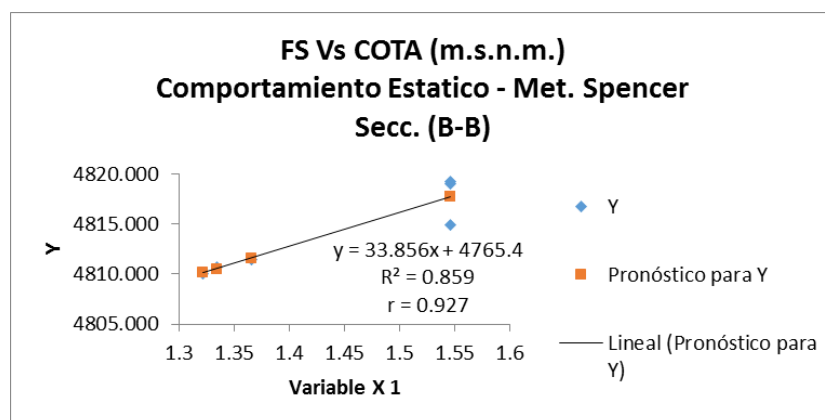
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.927
Coefficiente de determinación R ²	0.859
R ² ajustado	0.823
Error típico	1.741
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	73.677	73.677	24.295	0.008
Residuos	4	12.131	3.033		
Total	5	85.807			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	4765.357	9.939	479.439	1.1356E-10	4737.761	4792.954	4737.761	4792.954
Variable X 1	33.856	6.869	4.929	0.008	14.785	52.927	14.785	52.927



Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de F. de la prueba de Pearson no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de F. < 0.05, se rechaza la Ho.

Valor crítico de F. > 0.05, no se rechaza la Ho.

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación de Pearson.

Para 01° caso: Se tiene el análisis del **método de Bishop Simplificado** para la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r)

positiva considerable de 0.902 y 0.902 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 90.2% de la variación según la relación de las cotas según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.014 < 0.05$, la correlación es estadísticamente significativa, también se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.794 y 0.927 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 79.4% y 92.7% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.059 > 0.05$ y $0.008 < 0.05$, para la sección “A-A” la correlación no es estadísticamente significativa y para la sección “B-B” la correlación es estadísticamente significativa.

Para 02° caso: Se tiene el análisis del **método GLE/Morgenstem-Price** para la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.902 y 0.901 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 90.2% y 90.1% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.014 < 0.05$, la correlación es estadísticamente significativa, también se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.799 y 0.927 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 79.9% y 92.7% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.059 > 0.05$ y 0.008

< 0.05 , para la sección “A-A” la correlación no es estadísticamente significativa y para la sección “B-B” la correlación es estadísticamente significativa.

Para 03° caso: Se tiene el análisis del **método Jambu Simplificado** para la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.902 y 0.912 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 90.2% y 90.1% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.014 < 0.05$ y $0.011 < 0.05$, la correlación es estadísticamente significativa en ambos casos críticos, también se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.954 y 0.975 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 95.4% y 97.5% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.003 < 0.05$ y $0.001 < 0.05$, la correlación es estadísticamente significativa en ambos casos críticos.

Para 04° caso: Se tiene el análisis del **método Spencer** para la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.902 y 0.902 entre el Factor de seguridad y con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 90.2% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.014 < 0.05$, la correlación es estadísticamente significativa, también se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** para las sesiones críticas “A-A” y “B-B” con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de 0.795 y 0.927 entre el Factor de seguridad y

con relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito. Además, se precisa un nivel de confianza de 79.5% y 92.7% de la variación según la relación de las cotas (m.s.n.m.) según las capas de relave del depósito se encuentra explicada por el factor de seguridad según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.059 > 0.05$ y $0.008 < 0.05$, para la sección “A-A” la correlación no es estadísticamente significativa y para la sección “B-B” la correlación es estadísticamente significativa.

Después de haber analizado los métodos de equilibrio límite para una sección crítica, los métodos son adecuados según la condición de análisis de estabilidad Estático y Pseudo Estático, pero en el análisis estadístico se obtiene mejor correlación significativo para el método de Janbu Simplificado.

Se toma la decisión según los resultados de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HE1.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HE1. se acredita como verdadera, demostrando que El método de equilibrio limite favorece en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

1.1.3. HIPÓTESIS ESPECIFICA (b.).

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis específica (**HE2.**).

HE2.: El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El volumen de almacenamiento no influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ha.:** $r=1$).

Ha.: El volumen de almacenamiento influye positivamente en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ho.:** $r\neq 1$).

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística de Pearson**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N° 01**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

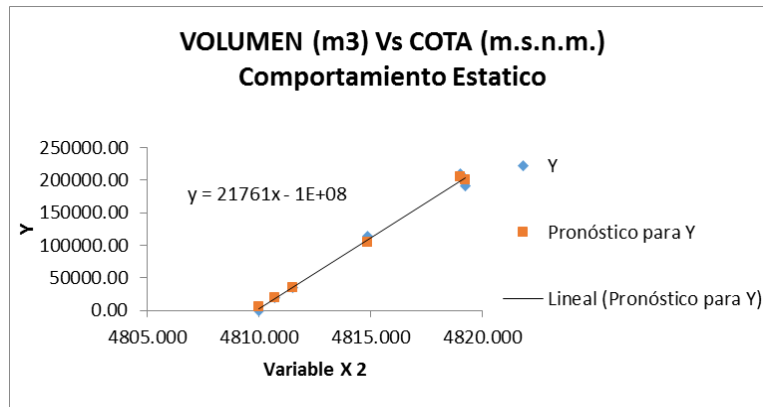
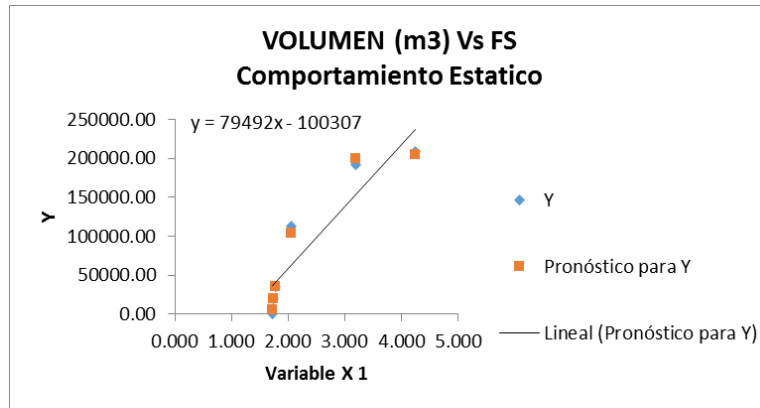
Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

1. En Condiciones Estáticas.

Resumen					
<i>Estadísticas de la regresión</i>					
		Coefficiente de correlación múltiple			0.997
		Coefficiente de determinación R^2			0.995
		R^2 ajustado			0.992
		Error típico			8274.616
		Observaciones			6

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	4.072E+10	2.036E+10	2.974E+02	3.556E-04
Residuos	3	2.054E+08	6.847E+07		
Total	5	4.093E+10			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico				Superior	
			t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-94565346.478	9909400.165	-9.543	0.002	-126101480.421	-63029212.535	-126101480.421	-63029212.535
Variable X 1	9249.793	8175.229	1.131	0.340	-16767.435	35267.021	-16767.435	35267.021
Variable X 2	19657.881	2062.114	9.533	0.002	13095.312	26220.449	13095.312	26220.449



2. En Condiciones Pseudo Estático.

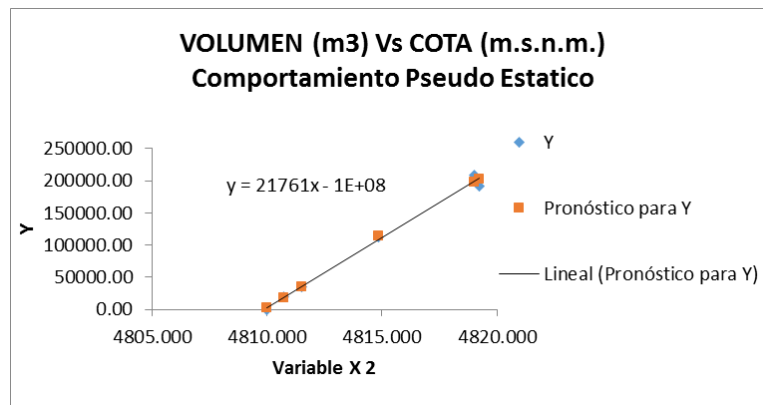
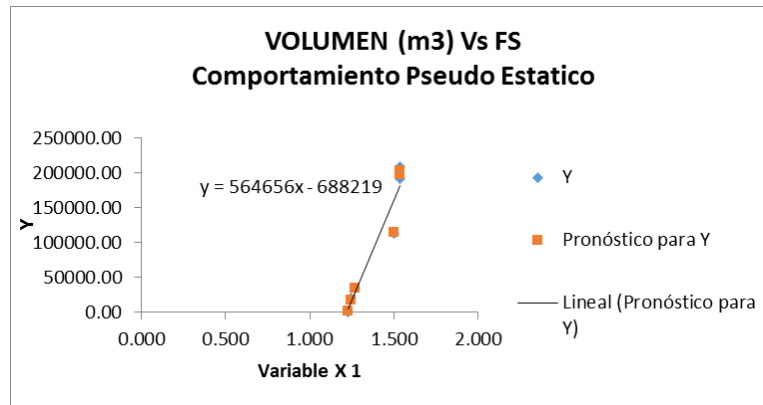
Resumen

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.997
Coefficiente de determinación R ²	0.994
R ² ajustado	0.989
Error típico	9355.397
Observaciones	6

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	2	40662958313.751	20331479156.875	232.297	0.001
Residuos	3	262570378.047	87523459.349		
Total	5	40925528692			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico				Superior	
			t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-95284443.982	16622888.008	-5.732	0.011	-148185892.507	-42382995.457	-148185892.507	-42382995.457
Variable X 1	55214.849	93550.585	0.590	0.597	-242504.865	352934.563	-242504.865	352934.563
Variable X 2	19796.061	3478.647	5.691	0.011	8725.455	30866.668	8725.455	30866.668



Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de F. de la prueba de Pearson no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de F. < 0.05, se rechaza la Ho.

Valor crítico de F. > 0.05, no se rechaza la Ho.

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación de Pearson.

Para 01° caso: Se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.997 entre el Volumen de almacenamiento y el Factor de

seguridad (Fs) según las cotas (m.s.n.m.). Además, se precisa un nivel de confianza de 99.7% de la variación del Factor de seguridad (Fs) según las cotas (m.s.n.m.) se encuentra explicada por el Volumen de almacenamiento según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Para 02° caso: se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.997 entre el Volumen de almacenamiento y el Factor de seguridad (Fs) según las cotas (m.s.n.m.). Además, se precisa un nivel de confianza de 99.7% de la variación del Factor de seguridad (Fs) según las cotas (m.s.n.m.) se encuentra explicada por el Volumen de almacenamiento según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.001 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HE2.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HE2. se acredita como verdadera, demostrando que El volumen de almacenamiento produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique para el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

1.1.4. HIPÓTESIS ESPECIFICA (c).

Paso N° 01: Con respecto a la correlación de variables de estudio, se plantearon las siguientes hipótesis específica (**HE3.**).

HE3.: El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.

Ho.: El balance de agua no produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ha.:** $r=1$).

Ha.: El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018. (**Ho.:** $r\neq 1$).

Paso N° 02: Elegir un Nivel de Significancia y el Estadística de prueba.

El nivel de significancia utilizado para esta hipótesis es de $\alpha = 0.05$. Para la correlación de variables se establece que se hizo uso de la correlación mediante la **estadística de Pearson**, el cual denoto el valor de la correlación mediante la **tabla N°01**.

Paso N° 03: Calculo Estadístico de prueba.

Se tiene el resultado de la correlación en las siguientes tablas:

1. Condiciones Estáticos.

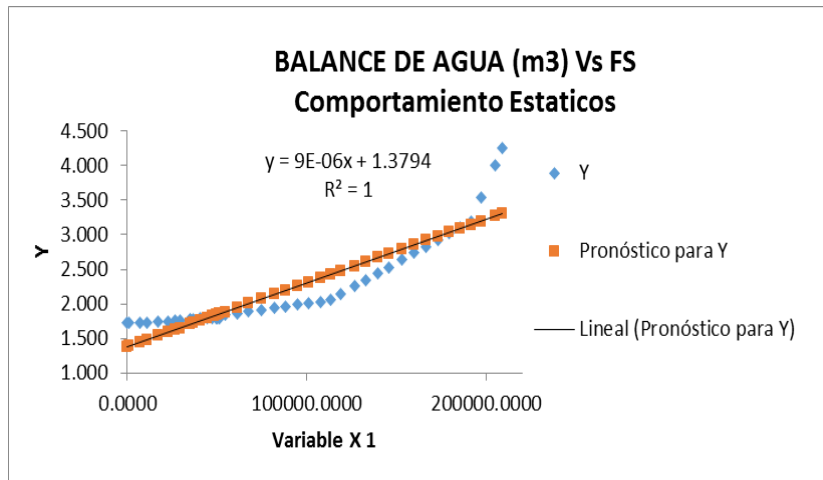
Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.911
Coefficiente de determinación R^2	0.830
R^2 ajustado	0.826
Error típico	0.267
Observaciones	44

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	14.600	14.600	204.766	9.47E-18
Residuos	42	2.995	0.071		
Total	43	17.595			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	1.379	0.070	19.604	9.3896E-23	1.237	1.521	1.237	1.521
Variable X 1	9.2323E-06	6.4518E-07	14.310	9.4729E-18	7.93E-06	1.05E-05	7.93E-06	1.05E-05



2. Condiciones Pseudo Estáticos.

Resumen

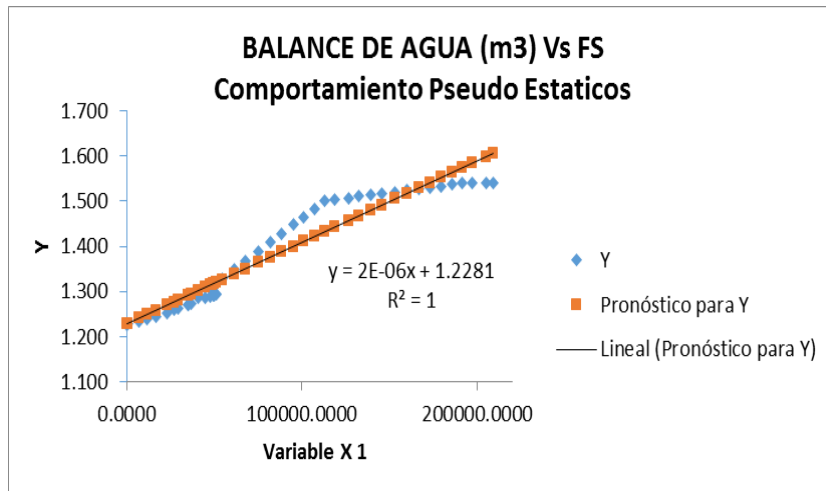
Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0.961
Coefficiente de determinación R ²	0.924
R ² ajustado	0.922
Error típico	0.033
Observaciones	44

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.559	0.559	507.224	4.55E-25
Residuos	42	0.046	0.001		
Total	43	0.605			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95.0%</i>	<i>Superior 95.0%</i>
Intercepción	1.228	0.009	140.456	0.000	1.210	1.246	1.210	1.246
Variable X 1	0.000	0.000	22.522	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



Paso N° 04: Regla de Decisión.

Las reglas de decisión se detallan en la parte de técnicas de procesamiento de datos, estas derivan en la obtención de un nivel de significancia al 5% como mínimo, esto implica que, al realizarse las pruebas estadísticas, los Valor crítico de F. de la prueba de Pearson no debe de superar en el valor de 0.05 para poder aceptar la hipótesis alternativa de relación entre las variables a estudiar, mientras que si se supera el valor a 0.05 se aceptara la hipótesis nula.

Considerando que:

Valor crítico de F. < 0.05 , se rechaza la Ho.

Valor crítico de F. > 0.05 , no se rechaza la Ho.

Paso N° 05: Toma de Decisión.

Se compara en un principio el nivel de coeficiente de correlación de Pearson.

Para 01° caso: se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.911 entre el Balance de aguas y el Factor de seguridad. Además, se precisa un nivel de confianza de 91.1% de la variación en el Factor de seguridad se encuentra explicada por el Balance de aguas según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la Ho, en consecuencia, se aprueba la Ha.

Para 02° caso: se tiene la correlación mediante la **Estadística de Pearson en Condiciones Pseudo Estático** con un coeficiente de correlación múltiple (r) **positiva considerable** de un 0.96 entre el Balance de aguas y el Factor de seguridad. Además, se precisa un nivel de confianza de 96.1% de la variación en el Factor de seguridad se encuentra explicada por el Balance de aguas según el coeficiente de determinación (r^2). Finalmente, en la prueba se alcanzó que $0.000 < 0.05$, indica: se rechaza la H_0 , en consecuencia, se aprueba la H_a .

Se toma la decisión de rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y, por consiguiente, se ha demostrado la hipótesis de trabajo HE3.

Paso N° 06: Conclusión Estadística.

De acuerdo al análisis de coeficiente el nivel de a significación ($\alpha = 0.05$) es mayor, se concluye en rechaza la hipótesis nula (H_0) y se aprueba la hipótesis alternativa (H_a) y se afirma la hipótesis de trabajo HE3. se acredita como verdadera, demostrando que El balance de agua produce efectos significativos en el análisis de estabilidad del dique en el depósito de relave de la Minera “SANSIL”- Primera Etapa, Año 2018.