Cliente	ENGIE

Proyecto	S/E Nueva Seccionadora Roncacho 220 kV

Nº Documento	ARI-S-0412-I-IN-0001

Nº Documento Cliente	ARI-S-0412-I-IN-0001

Fase	Ingeniería básica

Título	Informe estudio de suelos

Fecha	Revisión
14/10/21	B
09/11/21	C
16/11/21	0

Número de Hojas
342

HMV	Nombre	Firma	Fecha
Preparó	D.S.E.		16/11/21
Revisó	O.A.C.		16/11/21
Aprobó	S.A.V.		16/11/21
Cliente			
Revisó	J.H.T.		
Aprobó	J.A.C.		

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVO 3
3. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA 3
4. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN Y ENSAYOS 3
5. CARACTERISTICAS DEL TERRENO 5
5.1 ESTRATIGRAFÍA 5
5.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA 6
5.3 CLASIFICACIÓN DEL TERRENO 6
5.3.1 Clasificación a partir de ensayos de Geofísica. 7
5.3.2 Clasificación de acuerdo a normativa vigente. 7
5.4 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 8
5.5 ABSORCIÓN DEL TERRENO 8
5.6 TENSIONES ADMISIBLES 9
5.6.1 Capacidad de carga a límite de rotura. 9
5.6.2 Capacidad de carga a límite por asentamientos. 9
5.6.3 Envolvente de diseño. 10
5.6.4 Capacidad de carga a límite de rotura horizontal. 10
5.7 COEFICIENTES DE BALASTO 11
6. PROPIEDADES PARA EL DISEÑO 12
7. PROPIEDADES DEL RELLENO 12
8. CONCLUSIONES 13
8.1 FUNDACIONES TIPO BLOQUE 14
8.2 FUNDACIONES TIPO ZAPATA Y PEDESTAL 15

1. INTRODUCCIÓN

Se contempla la construcción de una nueva subestación seccionadora que tendrá un patio de 220 kV, cuyos equipos estarán instalados al aire libre. El patio de 220 kV tendrá una configuración de doble barra con interruptor y medio y tecnología AIS (Air Insulated Switchgear).

En la nueva subestación se deberá considerar la construcción completa necesaria para realizar el seccionamiento del circuito N°1 de la línea existente 2x220 kV Nuevo Pozo Almonte - Parinacota y espacios disponibles para tres futuras diagonales con plataforma y barra extendida que permitan la conexión de los nuevos proyectos de generación y transmisión de la zona.

2. OBJETIVO

Revisar y validar los procedimientos y parámetros presentados en el estudio de mecánica de suelos de expediente No 718 concentrado en ofrecer información para el diseño de las obras civiles del proyecto Nueva Subestación seccionadora Roncacho 220 kV. El sitio de emplazamiento de las obras tiene lugar en la comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota.

3. GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

A nivel local, en la zona objeto de estudio se reconocen depósitos sedimentarios eólicos (Qe) que aparecen cubriendo a rocas sedimentarias continentales de tipo areniscas asociadas a la formación El Diablo (Mimd) y depósitos salinos de la Depresión Central (Qsdc).

El clima en la comuna de Arica es desértico, cuya temperatura anual media es de 18,8 °C, durante la campaña de exploración no fue observada napa freática y según el estudio en cuestión, ocurren muy pocas precipitaciones al año.

En un contexto hidrológico, la zona de estudio se encuentra en la Cuenca costera entre Quebradas Vitor y Río Camarones que se extiende desde las laderas occidentales de la cordillera de los Andes hasta su desembocadura en el océano Pacífico. La subcuenca donde se ubica el proyecto es arreica por lo que sus aguas no desembocan en el mar, sino que se evaporan o se infiltran al suelo.

En cuestión de geomorfología, la zona de estudio ubicada en Pampa Camarones, presenta una pendiente media de aproximadamente 1,3% descendente hacia el oeste, por lo que el drenaje por escorrentía superficial tendría tal dirección.

4. CAMPAÑA DE EXPLORACIÓN Y ENSAYOS

El estudio de suelos contó con una campaña de exploración en campo enfocada a reconocer el material de la zona objeto de estudio; para tal fin se ejecutaron ocho (8) calicatas sobre las cuales se recogieron muestras para ser analizadas mediante ensayos de laboratorio, adicionalmente se realizaron ensayos in situ tales como ensayo de absorción, ensayos de cono de arena y ensayo de medición de las ondas sísmicas.

A continuación se presenta la información de las actividades de campo y laboratorio que permitieron obtener información del terreno:

Tabla 1. Calicatas realizadas

CALICATA	UTM ESTE	UTM NORTE	Profundidad alcanzada (m)	Profundidad muestra (m)	
				Desde	Hasta
C-01	374.579	7.913.325	0,30	0,10	0,30
C-02	374.609	7.913.383	0,50	0,30	0,50
C-03	374.573	7.913.439	0,60	0,40	0,60
C-04	374.536	7.913.538	0,30	0,10	0,30
C-05	374.636	7.913.249	0,20	0,00	0,20
C-06	374.974	7.913.041	0,30	0,10	0,30
C-07	374.757	7.913.890	0,30	0,10	0,30
C-08	374.609	7.913.453	0,50	0,30	0,50

Tabla 2. Ensayos de laboratorio realizados

Ensayos de identificación y clasificación	Cantidad
Clasificación ASTM D 2487:2011	8
Análisis Granulométrico integral hasta 3". M Carreteras 2014 Vol. 8 102.1 (LNV 105)	8
Determinación de los Límites de Atterberg. (NCh 1517/1, NCh 1517 /2 Of.79)	8
Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa (NCh 1515. Of.79)	8
Densidad de las partículas sólidas (peso específico) bajo malla n°4. NCh 1532 Of.80	8
Ensayos de compactación	**Cantidad**
Ensayo de apisonado por el método de Proctor Modificado. (NCh 1534/2 Of.79)	1
Razón de soporte con hinchamiento. CBR NCh 1852/2 Of.81.	1
Ensayos Químicos	**Cantidad**
Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of.80)	4
Determinación del contenido de sales solubles totales (NCh 1444. Of.80)	4
Determinación del pH. ASTM D4972/95	4

A continuación se listan los ensayos que se realizaron en las muestras extraídas de las calicatas:

Tabla 3. Ensayos de laboratorio realizados sobre las muestras extraídas de las calicatas

CALICATA	Profundidad muestreo (m)		Clasificación USCS	Análisis Granulométrico	Wi	W	Gs	Ensayo de cono de arena
	Desde (m)	Hasta (m)						
C-01	0,10	0,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CALICATA	**Profundidad muestreo (m)**		**Clasificación USCS**	**Análisis Granulométrico**	**Wi**	**W**	**Gs**	**Ensayo de cono de arena**
	Desde (m)	**Hasta (m)**						
C-02	0,30	0,50	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-03	0,40	0,60	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-04	0,10	0,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-05	0,00	0,20	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-06	0,10	0,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-07	0,10	0,30	✓	✓	✓	✓	✓	✓
C-08	0,30	0,50	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Convenciones. Wi: límites de Atterberg. W: Contenido de humedad. Gs: Peso específico.

Los ensayos de compactación se realizaron sobre la calicata C08, a continuación se listan los detalles:

Tabla 4. Ensayos de compactación ejecutados sobre la calicata C08.

CALICATA	Profundidad (m)		PROCTOR MODIFICADO	CBR (AL 95% de la D.M.C.S)
	Desde (m)	Hasta (m)		
C08	0,30	0,50	✓	✓

Los ensayos químicos se realizaron sobre las calicatas C01, C03, C05, C07, a continuación, se listan los detalles:

Tabla 5. Ensayos Químicos ejecutados.

CALICATA	Profundidad (m)		ANÁLISI QUÍMICO		
	Desde (m)	Hasta (m)	Sulfatos (SO_4) %	pH	Sales solubles
C01	0,10	0,30	✓	✓	✓
C03	0,10	0,30	✓	✓	✓
C05	0,40	0,60	✓	✓	✓
C07	0,00	0,20	✓	✓	✓

5. CARACTERISTICAS DEL TERRENO

Todos los aspectos de fabricación, materiales y suministros descritos en estas especificaciones se ejecutarán conforme a los requerimientos de la última versión de las normas listadas a continuación, cuando sean aplicables.

5.1 ESTRATIGRAFÍA

En la campaña de exploración se observaron las 3 siguientes unidades geotécnicas, las cuales se listan a continuación;

Tabla 6. Columna de Estratigrafía

Unidad Estratigráfica	Desde (m)	Hasta (m)	Espesor medio (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRAFICA
U.E.1	0,0	0,2 – 0,6	0,5	ARENA LIMOSA (Chusca) de color blanquecino. Compacidad suelta. Depósito sedimentario de origen eólico. (Qe)
U.E.2	0,2 – 0,6	-	-	ARENA LIMOSA (SM) de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente a profundidad variando de firme a muy densa. El estrato presenta grado de cementación muy alto. (Qsdc).
U.E.3	0,1 – 0,2	N/A	N/A	ROCA SANA de color gris. No ripable con excavadora. (Mimd).

5.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

Se clasifican los agentes externos al contacto con acero y hormigón a partir de los resultados de los ensayos químicos los cuales se presentan en la Tabla 7.:

Tabla 7.Resultados de ensayos químicos

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	ANÁLISIS QUÍMICO		
			Sulfatos (SO_4) %	pH	Sales totales %
C01	0,1	0,3	0,169	7,96	2,37
C07	0,1	0,3	0,174	8,05	3,08
C03	0,4	0,6	0,194	7,65	1,97
C05	0,0	0,2	0,184	7,88	2,57
Valor mínimo			0,169	7,65	1,97
Valor máximo			0,194	8,05	3,08
Valor medio			0,180	7,88	2,49
Desviación Estándar			0,011	0,17	0,46

Según la NCh 170-2016 Tabla 5 "Grados de exposición por sulfatos" y considerando el valor máximo obtenido (0,194 %) los suelos denotarían un grado de exposición "Moderado". De acuerdo a lo anterior, y considerando la norma citada, el mínimo grado de resistencia del hormigón a considerar debe ser G25 con una dosis mínima de cemento de 320 kg/m³.

5.3 CLASIFICACIÓN DEL TERRENO

Inicialmente, el informe de mecánica de suelos en cuestión, ofrece una interpretación de los materiales estudiados, a partir de las actividades de prospección en campo y los ensayos de laboratorio:

- El material encontrado a nivel superficial es catalogado como chusca asociado a material sedimentado y depositado de origen eólico.

- Subyaciendo, se encuentra arena limosa, de compacidad creciente a profundidad, variando de firme a muy densa.

- Finalmente se habla de material rocoso, no obstante, se desconoce su espesor y nivel de presencia, por lo que a manera conservadora, se ha decidido descartar tal material en el diseño y definición de los materiales de apoyo para las fundaciones.

A manera complementaría, se consideran las siguientes asociaciones para la unidad estratigráfica número dos (unidad ideal de apoyo de fundaciones)

- TRANSELEC en "Especificación Técnica General": Suelo tipo 2: Roca sana agrietada, roca parcialmente descompuesta firme, gravas o arenas densas cementadas. Nivel estático máximo de la napa de agua bajo nivel inferior de la fundación. Es importante aclarar que a pesar de la definición referenciada por TRANSELEC, durante la campaña de exploración no se detectaron niveles de aguas freáticas.

5.3.1 Clasificación a partir de ensayos de Geofísica.

La campaña de exploración involucró dentro de sus actividades la ejecución de dos ensayos geofísicos mediante la técnica de ensayo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tal ensayo consiste en la disposición de una serie de geófonos en la zona seleccionada como objeto de estudio los cuales perciben la respuesta del material subyacente al estímulo originado en la superficie. El procesamiento de la información se lleva a cabo mediante software, el empleado para este caso fue el Geopsy y Dinver cuya modelación consideró 3 capas, el tendido de los geófonos fue tal, que permitió conocer la velocidad de onda de corte a los 30 metros de profundidad.

A continuación se relacionan las coordenadas de los puntos centrales de los tendidos que se proyectaron para la puesta en macha de los ensayos de geofísica:

Tabla 8 Coordenadas de los tendidos para el ensayo MASW

ENSAYO	PUNTO CENTRAL		Longitud (m)	Orientación
	UTM ESTE	UTM SUR		
MASW-01	374,609	7,913,440	115	E-W
MASW-02	374,609	7,913,440	115	N-S

Como se mencionó previamente, los resultados de los ensayos permitieron elaborar un modelo de terreno de tres capas. En cuestión de consistencia, la primera capa se interpreta como poco densa, mientras que las capas siguientes, a medida que va aumentando la profundidad se van percibiendo más compactas.

La campaña de ensayos sísmicos en sitio y sus respectivos análisis y procesamientos arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 9. Valores de V_{s30} en m/s para el ensayo MASW-01

	CAPA	Espesor (m)	Desde (m)	Hasta (m)	V_s (m/s) media	V_{s30} (m/s)
MASW-01 E-W	1	6,25	0,00	6,25	508	555
	2	6,25	6,25	12,50	540	
	3	17,50	12,50	30,00	580	

Tabla 10. Valores de V_{s30} en m/s para el ensayo MASW-02

	CAPA	Espesor (m)	Desde (m)	Hasta (m)	V_s (m/s) media	V_{s30} (m/s)
MASW-02 N-S	1	6,25	0,00	6,25	475	511
	2	6,25	6,25	12,50	500	
	3	17,50	12,50	30,00	530	

5.3.2 Clasificación de acuerdo a normativa vigente.

El Ministerio de Vivienda y Urbanismo en el año 2011 emitió el decreto DS 61, como premisa a considerar en el marco del diseño sísmico. En la aplicación del reglamento citado, se concluye que

los resultados obtenidos en la campaña de exploración permiten clasificar al suelo del terreno como Suelo Tipo C. (Suelo denso o firme), así:

En el artículo 6° "Clasificación Sísmica del Terreno", se ofrece una clasificación del terreno de acuerdo a la resistencia del suelo, estableciendo los ensayos y los resultados que se deben cumplir para tal fin. Con los resultados presentados en la Tabla 9 y en la Tabla 10 y la adopción del decreto se elabora asociación para la clasificación para el suelo donde se contempla el proyecto:

"En el caso que sólo se disponga del perfil V_s en profundidad y que dicho perfil indique claramente que V_s aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que V_{s30} > 500 m/s, se podrá clasificar automáticamente como Suelo Tipo C, sin necesidad de otras mediciones."

Lo anterior se constata en las tablas ya referenciadas cuyos resultados se presentan acordes con lo definido según la normativa.

5.4 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Los parámetros geotécnicos se presentan a continuación, considerando a la unidad de apoyo ideal como la UG2, no obstante se ofrece información para la posible detección de basamento rocoso.

Los parámetros se presentan a continuación:

Tabla 11. Parámetros Geotécnicos.

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ESTIMADOS	UG1	UG2	UG3*
Clasificación o tipo de suelo	CHUSCA	SM	ROCA
Espesor considerado (m)	0,3	2,7	N/A
Compacidad/Consistencia	Suelto	Compacto	Muy Compacto
Densidad natural del suelo (T/m^3)	-	1,6 – 1,7	1,8 – 2,0
Ángulo de rozamiento interno ϕ (°) estimado	-	33 – 35	35 - 45
Cohesión efectiva C (kg/cm^2) estimada	-	0,1 – 0,5	5 - 10
Coeficiente de Poisson	-	0,35 – 0,40	0,15 – 0,20
Módulo de deformación, E_0 (kg/cm^2)	-	>400	>700
Módulo de Balasto K30 (kg/cm^3)	-	7 – 13	>30
Tensión vertical estática admisible B=L=1 m (kg/cm^2)	-	3,0 – 7,1	>5
Tensión vertical sísmica admisible B=L=1 m (kg/cm^2)	-	4,5 – 10,6	>15

Los parámetros de roca fueron obtenidos de Burt Look, Handbook of geotechnical investigation and design tables.

5.5 ABSORCIÓN DEL TERRENO

Sobre una de las calicatas del terreno (C-02) se llevó a cabo el ensayo de absorción. El ensayo consistió en excavar sobre la misma calicata un pozo cuadrado de 0,30 metros de lado y 0,30 metros de profundidad. El ensayo se desarrolló agregando agua al pozo hasta alcanzar la altura máxima de excavación (0,30 m); una vez infiltrado el líquido se volvió a añadir agua hasta una altura de 0,15 metros de altura. Finalmente, se observó y se registró el tiempo que tardó la lámina de agua en descender 0,025 metros.

A continuación se relacionan los datos más importantes concernientes al ensayo de absorción:

Tabla 12. Coordenadas del punto de ejecución del ensayo de absorción SRS: WGS84 19K

ENSAYO DE INFILTRACIÓN IN SITU MÉTODO DE ABSORCIÓN			
ABS	UTM ESTE	UTM SUR	Profundidad Calicata (m)
ABS-01	374,609	7,913,383	0,50

Tabla 13. Resultados del ensayo de absorción ejecutado en C-02

ENSAYO	Tiempo en minutos para descenso de 2,5 cm	Índice de absorción para Pozos absorbentes (l/m²/día)	Índice de absorción para Tubo de drenaje (l/m²/día)
INF-01	0,26	200	160

Los resultados de esta prueba se sitúan en un rango de permeabilidad media donde sus valores oscilan aproximadamente en un rango de 10^{-1} a 10^{-3} cm/s en un ensayo de infiltración.

5.6 TENSIONES ADMISIBLES

A continuación se presentan los valores obtenidos de capacidad de carga vertical, limitados a prevenir la plastificación del suelo (hundimiento) y asentamientos excesivos. En la envolvente de diseño gobernará el menor valor entre las dos condiciones según el caso. Los análisis incluyeron la evaluación de capacidad de carga horizontal. El factor de seguridad considerado para las evaluaciones de caso estático fue de Fs=3,0 mientras que para el caso dinámico, el estudio de suelos en cuestión deja a criterio del ingeniero diseñador el uso de un factor de seguridad entre 1.5 y 2 $Fs_{Dinamico}$= 1,5 – 2,0.

5.6.1 Capacidad de carga a límite de rotura.

Tabla 14. Capacidad de carga vertical para zapatas rígidas apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
0,8	4,0	4,4	4,8

Tabla 15. Capacidad de carga vertical para losas flexibles apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	5,0 x 5,0	10,0 x 10,0	15,0 x 15,0
0,8	5,6	7,6	9,5

5.6.2 Capacidad de carga a límite por asentamientos.

Se presentan los valores de capacidad de carga en función de sus asentamientos, así:

- Las zapatas rígidas no superen los 2,54 cm (1”)
- Las losas flexibles no superen los 5,0 cm (2”) en el centro de la cimentación.

Tabla 16. Presión de trabajo para zapatas rígidas apoyadas en UG2 limitadas por asentamientos (1") Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
0,8	3,5	3,2	3,1

Tabla 17. Presión de trabajo para losas flexibles apoyadas en UG2 limitadas por asentamientos (2") Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	5,0 x 5,0	10,0 x 10,0	15,0 x 15,0
0,8	5,6	6,8	7,2

5.6.3 Envolvente de diseño.

Tabla 18. Envolvente de diseño para zapatas rígidas apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m) 0,8	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
Cap. a límite por rotura	4,0	4,4	4,8
Cap. a límite por asentamiento (1")	3,5	3,2	3,1
Envolvente	3,5	3,2	3,1

Tabla 19. Envolvente de diseño para losas flexibles apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m) 0,8	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	5,0 x 5,0	10,0 x 10,0	15,0 x 15,0
Cap. a límite por rotura	5,6	7,6	9,5
Cap. a límite por asentamiento (2")	5,6	6,8	7,2
Envolvente	5,6	6,8	7,2

5.6.4 Capacidad de carga a límite de rotura horizontal.

Tabla 20. Capacidad de carga horizontal para zapatas rígidas apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
0,8	2,4	2,6	2,8

Tabla 21. Capacidad de carga horizontal para losas flexibles apoyadas en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de apoyo (m)	Dimensiones Ancho x largo (m)		
	5,0 x 5,0	10,0 x 10,0	15,0 x 15,0
0,8	3,3	4,5	5,7

5.7 COEFICIENTES DE BALASTO

Los valores de Módulo de Balasto K30 (kg/cm³) se presentan para la unidad geotécnica competente (UG2):

Tabla 22. Módulo de Balasto para la unidad Geotécnica número 2.

Unidad Geotécnica	UG2
Módulo de Balasto K30 (kg/cm³)	7 - 13

Para el caso sísmico se debe considerar la siguiente relación, la cual es dependiente de la relación anterior:

$$K_{Vsis} = 3 * k_v$$

Dónde

- k_{vsis}: Constante de balasto vertical para el caso sísmico.
- k_v: Constante de balasto vertical para el caso estático.

En general, las constantes de balasto se podrán calcular de las siguientes expresiones:

Para el caso de balasto horizontal de fundaciones profundas se recomienda:

$$k_h = k_v * 2{,}5$$

Para losas cuadradas

- Terrenos cohesivos:

$$k = \frac{k_{30} * 0{,}3}{B}$$

- Terrenos granulares:

$$k = k_{30} \left(\frac{B + 0{,}3}{2B}\right)$$

Para losas rectangulares

$$k' = \frac{2}{3} * k_s \left(1 + \frac{B}{2L}\right)$$

6. PROPIEDADES PARA EL DISEÑO

Los parámetros de diseño, asociados a la unidad geotécnica número 2, considerada como la unidad ideal para apoyo de las distintas fundaciones, se presentan a continuación:

Densidad natural del suelo: 1,6 T/m^3 – 1,7 T/m^3 (Tabla 11)

Ángulo de fricción interna (ϕ): 33° – 35° (Tabla 11)

Cohesión (C): 0,1 – 0,5 kg/cm^2 (Tabla 11)

Constante de Balasto K30: 7 kg/cm^3– 13 kg/cm^3 (Tabla 11)

Módulo de deformación E_0: >400 kg/cm^2 (Tabla 11).

Los valores de capacidad de carga, serán función de la geometría según la fundación propuesta (Tabla 18 y Tabla 19); sin embargo, el informe de mecánica de suelos en cuestión, presenta una serie de propiedades complementarias a partir de la clasificación ofrecida por ETG-A.0.10 Ed3.

Tabla 23. Parámetros referenciales para el diseño de fundaciones según la ETG-A.0.10 Ed.3.

Tipo de Suelo	Forma de Trabajo	Cohesión	Angulo de Fricción	Angulo cono Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Aplastamiento	Peso Unitario del Hormigón al Arrancamiento	Peso Unitario del Hormigón al Aplastamiento	Presión Admisible Neta Vertical	Presión Admisible Neta Horizontal
		(T/m²)	(°)	(°)	(T/m³)	(T/m³)	(T/m³)	(T/m³)	(T/m²)	(T/m²)
2*	C y F	6,0	35	40	2,0	2,0	2,3	2,4	60	50

Parámetro válido para la UG2.

7. PROPIEDADES DEL RELLENO

De acuerdo al informe de mecánica de suelos en cuestión, los rellenos deben conseguirse empleando un material grueso limpio “estabilizado” (libre de terrones de arcilla, de materia orgánica, escombros o cualquier tipo de otra sustancia), cuya curva granulométrica se encuentre dentro del siguiente rango:

Tabla 24. Granulometría para material de relleno.

Criba o malla ASTM	% en peso que pasa
2”	100
1”	55 – 100
3/8”	40 – 70
N° 4	35 – 65
N° 10	20 – 50
N° 40	10 – 30
N° 200	0 - 15

Las características y los requisitos se describen en el apartado 14.4 del informe geotécnico anexo.

8. CONCLUSIONES

- Los materiales subyacentes en la zona objeto de estudio pertenecen a depósitos sedimentarios eólicos (Qe) que aparecen cubriendo a rocas sedimentarias continentales de tipo areniscas asociadas a la formación El Diablo (Mimd) y depósitos salinos de la Depresión Central (Qsdc).

- El relieve de la zona se caracteriza por pendientes en un rango medio de aproximadamente 1,3% descendente hacia el oeste, por lo que el drenaje por escorrentía superficial tendría tal dirección.

- Hidrológicamente hablando, la zona de estudio se encuentra en la Cuenca costera entre Quebradas Vitor y Río Camarones. La subcuenca donde se ubica el proyecto es arreica por lo que sus aguas no desembocan en el mar, sino que se evaporan o se infiltran al suelo.

- Los resultados de los ensayos de permeabilidad llevados a cabo en la zona objeto de estudio, indican que los suelos que serán utilizados como material de apoyo para las fundaciones, tienen un índice de absorción de 200 (l/m^2/día) considerando pozos absorbentes y un índice de absorción de 160 (l/m^2/día) considerando tubos de drenaje. Los resultados permiten relacionarlos en cuestión de resultados de infiltración en valores de entre 10^{-1} a 10^{-3} cm/s.

- El clima en la comuna de Arica es desértico, cuya temperatura anual media es de 18,8 °C. Según el estudio en cuestión, ocurren muy pocas precipitaciones al año.

- El contenido máximo de sulfatos detectado en los suelos objeto de estudio es de 0,194 %; según la normativa vigente (NCh 170 – 2016), los valores encontrados representan un grado de exposición moderado para el concreto que tendría contacto con los suelos de apoyo de las fundaciones. Reseñando la misma norma, las precauciones que se deben adoptar en aras de garantizar el desempeño del concreto son:

    - Un porcentaje de expansión de 0,10 a 6 meses de acuerdo a la norma ASTM C 1012
    - Un contenido máximo de aluminato tricálcico (C3A) en el cemento $\leq$8%
    - Una resistencia mínima del concreto de 25 MPa (concreto G25) y

  Garantizar al menos uno de los dos requisitos siguientes:

    - Una dosis mínima de cemento de 320 kg/m^3 o
    - Una profundidad de penetración del agua (según NCh2262) $\leq$40 mm.

    Cumpliendo los requisitos anteriores y tendiendo en cuenta las bajas precipitaciones en la zona, no son requeridas protecciones adicionales al hormigón.

- Los ensayos de campo, los ensayos de laboratorio y demás análisis permitieron definir para el basamento del proyecto tres (3) unidades geotécnicas: Unidad 1 relacionada a cobertura superficial, Unidad 2 Nivel de arenas limosas (SM), la cual, es la sugerida como unidad de

apoyo para fundaciones, y Unidad 3 que se estima es el sustrato rocoso, pero que, sin embargo, se sugiere despreciar.

- El informe de mecánica de suelos anexo, como información complementaria, asocia los materiales encontrados en la zona de estudio, como suelo tipo 2 (C y F), según la ETG-A.0.10 mod.1, apartado 2.
- Dentro de las actividades de estudio de campo se ejecutaron dos (2) ensayos de geofísica del tipo MASW, los resultados para los cuales se logró obtener información de los primeros treinta (30) metros de profundidad del terreno, indican que los suelos tienen una velocidad de onda de corte Vs mayor a 500 m/s, para lo cual, aplicando la normativa vigente y según el decreto DS 61 emitido por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile el suelo se cataloga como tipo C (suelo denso o firme).
- De acuerdo con los resultados ejecutados, el material proveniente de la unidad geotécnica número 2 (UG2), podría ser utilizado como material de Sub – rasante, siempre y cuando cumpla con los requisitos de granulometría indicados. El material proveniente de la unidad geotécnica número 1 (UG1) podrá aprovecharse siempre y cuando se garanticen los siguientes requisitos:
    - El relleno esté libre de materia orgánica y desperdicios.
    - Ninguna estructura se apoye en dicho relleno
    - No forme parte del relleno estructural de las fundaciones.
    - Resultados de ensayo de proctor modificado $\geq$ 95% (informe de suelos anexo)
    - Se cumplan los valores de densidad relativa indicados en el informe anexo.
- Durante las campañas de exploraciones en campo no se detectaron niveles freáticos.

8.1 FUNDACIONES TIPO BLOQUE

Cuando se contemplen fundaciones tipo bloque, puede ser empleada la formulación propuesta en el método Sulzberger, se debe garantizar que tales cimentaciones cumplan con los siguientes requisitos en forma simultánea:

- Fundaciones tipo dado o monobloque.
- Fundación hormigonada contra terreno natural o contra el relleno debidamente especificado en la mecánica de suelos del proyecto y ejecutado con colocación compactada controlada.
- Solicitaciones volcantes uniaxiales.
- Los coeficientes de balasto a considerar para el diseño de este tipo de fundaciones se deben considerar de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.7. Además, se debe

considerar las tensiones admisibles del suelo de acuerdo con lo indicado en el numeral 5.6.

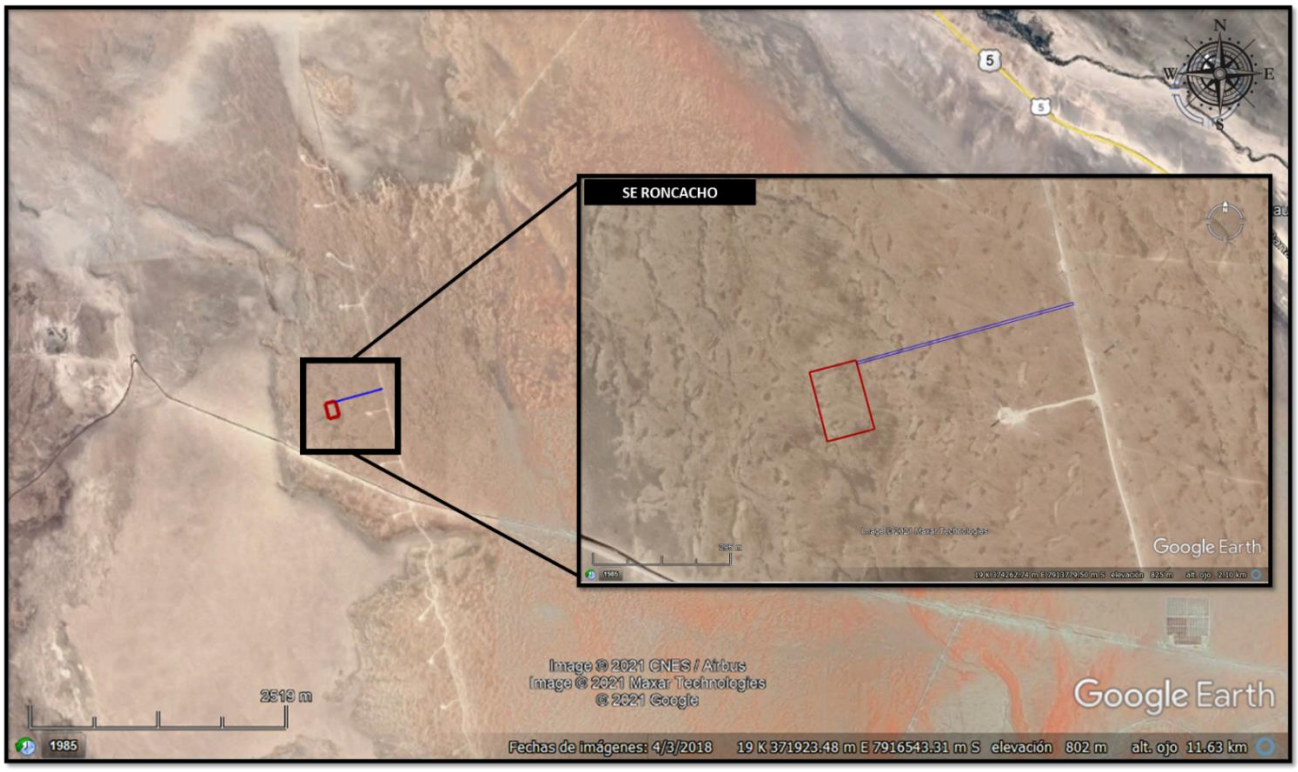
8.2 FUNDACIONES TIPO ZAPATA Y PEDESTAL

Pueden ser diseñadas empleando el "Método X-Y" de la publicación "Transmission Structures" publicado por el Bureau of Reclamation, siempre y cuando se cumplan las siguientes características:

- Fundaciones tipo zapatas aisladas (losa + vástago) cuyo sello de fundación se encuentra apoyado en suelo distinto de roca (fundaciones no ancladas en roca) o en rellenos estructurales de plataformas.
- Fundaciones cuya solicitación principal es el momento flector uniaxial o biaxial.
- Fundaciones diseñadas y/o construidas considerando la compactación del suelo circundante de acuerdo con lo señalado en el informe de Mecánica de suelos.
- Fundaciones diseñadas/construidas con una zarpa, en todo el contorno de la fundación, de mínimo 20 cm inmersa dentro del terreno circundante natural o relleno estructural según informe de mecánica de suelos, para permitir el desarrollo de un cono de suelo ante solicitaciones de momento flector.

ANEXO 1

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SE RONCACHO
COMUNA DE ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA



PETICIONARIO: HMV

CONTROL DOCUMENTAL					
Rev	**Descripción**	**Autor**	**Comprobado**	**Aprobado**	**Fecha**
0	PRIMERA EDICIÓN	M. Carrillo	R. Hdez.	R. Hdez.	04-10-21
1	SEGUNDA EDICIÓN	M. Carrillo	R. Hdez.	R. Hdez.	08-10-21
2	TERCERA EDICIÓN	M. Carrillo	R. Hdez.	R. Hdez.	08-11-21
3	EDICIÓN FINAL	M. Carrillo	R. Hdez.	R. Hdez.	09-11-21

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 8
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 8
1.2. ANTECEDENTES 8
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 8
2 GEOLOGÍA 9
2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL 9
2.2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL 9
3 CLIMA, HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA LOCAL 10
3.1. CLIMA 10
3.2. HIDROLOGÍA 11
3.3. HIDROGEOLOGÍA 13
4 TRABAJOS REALIZADOS 14
4.1. TRABAJOS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN 15
4.1.1 CALICATAS 15
4.1.2 ENSAYOS DE INFILTRACIÓN TIPO ÍNDICE DE ABSORCIÓN 16
4.1.3 ENSAYOS DE MEDICIÓN DE ONDAS SÍSMICAS 17
4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO 18
5 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN TERRENO 20
5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS 20
5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD 22
5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ONDAS SUPERFICIALES 23

6 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO 24
6.1 ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN 24
6.2 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA EN SUELOS 26
6.3 ENSAYOS DE COMPACTACIÓN 27
7 RIESGOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS 28
8 SISMICIDAD 29
9. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 30
9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG) 30
9.2. PARÁMETROS DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG) 30
10 DISEÑO DE FUNDACIONES 33
10.1 TIPO DE FUNDACIONES 33
10.2 CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTADO LÍMITE DE DAÑOS 33
10.3 CARGAS DE TRABAJO PARA ASIENTOS TOLERABLES 37
11 CONSTANTE DE BALASTO DE CIMENTACIONES 41
12 CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EMPUJE 43
13 GIRO DE FUNDACIONES 48
14 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 50
14.1 EXCAVACIONES 50
14.2 ESCARPES Y NIVELACIÓN 51
14.3 TALUDES DE LAS EXCAVACIONES 51
14.4 RELLENOS PARA RADIERES Y PAVIMENTOS 52
14.5 RELLENOS PARA PAVIMENTOS VEHICULARES 54

14.6 RELLENOS DE CONFINAMIENTO 55
14.7 AGRESIVIDAD DEL TERRENO Y AL HORMIGÓN 55
14.8 APROVECHAMIENTO DE LAS UG IDENTIFICADAS. 59
14.9 APROVECHAMIENTO DE LAS UG RECONOCIDAS 60
14.10 TRATAMIENTO DE SELLOS DE FUNDACIÓN 64
14.11 IMPERMEABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE, DRENAJES 64
15 CONCLUSIONES 66
ANEXOS 68
ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 69
ANEXO 2: GEOLOGÍA 70
ANEXO 3: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO. 71
ANEXO 4: ACTAS DE LAS CALICATAS. 72
ANEXO 5: ACTAS DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN 73
ANEXO 6: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE ONDAS SÍSMICAS 74
ANEXO 7: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO 75
ANEXO 8: METODOLOGÍA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA 76
ANEXO 9: ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO. 77
ANEXO 10: CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS TOLERABLES. 86
ANEXO 11: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO 89
ANEXO 12: BIBLIOGRAFÍA 90
ANEXO 13: INFORME DE SUELOS ASOCIADO 91
ANEXO 14: CORRELACIONES UTILIZADAS 92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura local. Fuente: Climate-org. 10

Figura 2: Cuenca y Subsubcuenca asociada al sitio del proyecto. 11

Figura 3: Perfil longitudinal de la zona en estudio. 12

Figura 4: Mapa hidrogeológico de Chile. Fuente DGA. 13

Figura 5: Excavación para ensayo de infiltración. 16

Figura 6: Modelo geotécnico del terreno a efectos de cálculo de la capacidad portante 34

Figura 7: Bulbo de presiones para zapatas escalonadas contiguas. 36

Figura 8: Ábacos para encontrar los factores alfa ecuación factor de influencia Steinbrenner. Fuente:Taylor y Matyas, 1983. 38

Figura 9: Correlación factor de influencia Steinbrenner según módulo de poisson. 39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de las calicatas y profundidades alcanzadas (WGS84 19K). 15
Tabla 2: Ubicación y profundidad de los ensayos de permeabilidad (WGS84 19K). 16
Tabla 3: Ubicación de los ensayos de medición de ondas superficiales (Datum WGS 19K). 17
Tabla 4: Ensayos de laboratorio realizados. 18
Tabla 5: Ensayos de campo realizados. 19
Tabla 6: Columna estratigráfica sintética de las calicatas. 20
Tabla 7: Columna estratigráfica sintética de la exploración anterior. 21
Tabla 8. Ensayos de índice de absorción realizados y resultados obtenidos. 22
Tabla 9: Espesores y valores de V_s medidos en los ensayos de prospección sísmica. 23
Tabla 10: Resumen ensayos de identificación y clasificación de suelos. 24
Tabla 11: Resumen ensayos cono de arena. 25
Tabla 12: Ensayos químicos en muestras de suelo 26
Tabla 13: Ensayos de compactación. 27
Tabla 14: Zona sísmica y sus valores de aceleración efectiva y máxima asociados. 29
Tabla 15: Parámetros sísmicos de la zona de estudio NCh 2369 Of.2003. 29
Tabla 16: Parámetros sísmicos de la zona de estudio NCh 433 Of.96, modificada por el DS61. 29
Tabla 17: Descripción sintética de las Unidades Geotécnicas identificadas en la zona de estudio. 30
Tabla 18: Parámetros Geotécnicos de cálculo establecido 31
Tabla 19: Parámetros referenciales para el diseño de fundaciones según la ETG-A.0.10 Ed.3. 32
Tabla 20: Cap. de carga a límite de rotura para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática. 35
Tabla 21: Cap. de carga a límite de rotura para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática. 35
Tabla 22: Cap. de carga a límite de rotura horizontal para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática. 35

Tabla 23: Cap. de carga a límite de rotura horizontal para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática. ...35

Tabla 24: Carga de trabajo para zapatas rígidas apoyada en UG2 con asientos <2,5 cm. ...40

Tabla 25: Carga de trabajo para losas flexibles apoyada en UG2 con asientos <5,0 cm. ...40

Tabla 26: Valores del Módulo de Balasto K30 de uso recomendado. ...41

Tabla 27: Coeficientes de empuje pasivo, activo y de reposo para muro vertical y terreno horizontal. ...45

Tabla 28: Empuje pasivo y activo estático para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m. ...45

Tabla 29: Empuje pasivo y activo total para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m. ...47

Tabla 30: Rendimiento equipo excavación para cada UG. ...50

Tabla 31: Diseño de los taludes con altura inferior a 3.0 m. ...51

Tabla 32: Granulometría de material para relleno bajo pavimentos y radieres. ...52

Tabla 33: Clasificación de la exposición del hormigón por sulfatos, Nch170 ...56

Tabla 34:Requisitos del cemento y hormigón según el grado de exposición, Nch170 ...56

Tabla 35: Recubrimiento libre mínimo para hormigones vaciados en obra expuestos a sulfatos. ...57

Tabla 36: Recubrimiento libre mínimo para hormigones prefabricados expuestos a sulfatos. ...58

Tabla 37: Uso de suelos para sub-rasante, sub-base o base según CBR. ...59

Tabla 38: Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR. Fuente Assis A., 1988. ...59

Tabla 39: Ensayos a realizar según el uso del relleno. ...61

Tabla 40: Especificaciones granulométricas y de compacidad de los rellenos según su uso. ...62

Tabla 41: Uso de las UG según sus parámetros físicos. ...63

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A solicitud de la empresa HMV, se ha realizado el presente informe de mecánica de suelos, el cual establece las condiciones del terreno desde el punto de vista geológico-geotécnico para el proyecto de construcción SUBESTACIÓN RONCACHO, ubicado en la comuna de Arica, Región de Arica y Parinacota.

En el Anexo 1, se adjunta imagen satelital con la ubicación de la zona de estudio y una vista aérea general.

1.2. ANTECEDENTES

Los antecedentes utilizados en este estudio han sido los siguientes:

- ✓ KMZ (Google Earth) del lugar de emplazamiento del proyecto.
- ✓ Estudio de mecánica de suelos SE Roncacho 25/06/2020, elaborado previamente por GCH, Anexo 13.
- ✓ Bibliografía, Anexo 12.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos de este estudio han sido los siguientes:

- ✓ Definición de las características geotécnicas del terreno susceptible de ser afectado por la fundación (identificación de las unidades geotécnicas, parámetros geotécnicos, excavabilidad, estabilidad de las excavaciones, presencia de agua subterránea, capacidad de drenaje, entre otros), según la prospección solicitada.
- ✓ Tipología de la cimentación más adecuada para las diferentes estructuras del proyecto.
- ✓ Carga admisible del terreno.
- ✓ Asientos esperados.
- ✓ Aptitud del terreno para ser empleado en rellenos.
- ✓ Riesgos geológicos
- ✓ Estabilidad de taludes.
- ✓ Identificación de Riesgos geológicos y geotécnicos y medidas de mitigación.

2 GEOLOGÍA

2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Dado que no es el objeto de este estudio entrar en detalle de la geología regional se hará una breve descripción de ésta.

Según se indica en el Mapa Geológico de Chile (1:1.000.000), SERNAGEOMIN (2003), la zona se encuentra conformada por depósitos coluviales aluviales antiguos y eólicos que aparecen cubriendo las rocas sedimentarias predominantemente clásticas de edad Mioceno inferior-Mioceno superior (Mimd) de la formación El Diablo. El detalle del mapa geológico puede ser consultado en el Anexo 2

2.2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

Según la Hoja de Arica (1:250.000), SERNAGEOMIN (2004), la zona se encuentra conformada por depósitos sedimentarios eólicos (Qe) que aparecen cubriendo a rocas sedimentarias continentales de tipo areniscas de la formación El Diablo (Mimd) y depósitos salinos de la Depresión Central (Qsdc):

- ✓ Depósitos eólicos (Qe):

  Estos depósitos corresponden a sedimentos tamaño arena y limo, depositados en los faldeos de cerros y zonas cercanas a estas, correspondiendo a depósitos eólicos que cubren los faldeos de los cerros y antiguos lechos de ríos.

- ✓ Formación El Diablo (Mimd):

  Secuencia sedimentaria fluvial y lacustre, constituida por areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de niveles conglomeráticos, de color pardo rojizo a grisáceo. Expuestas en la confluencia de las quebradas El Diablo y Azapa.

- ✓ Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc):

  Consisten en mantos subhorizontales de sales, limos salinos y costras salinas de hasta 1 m de espesor, con colores blancos y traslúcido. Están formados por halita maciza, localmente cristalina, y halita impura, con cantidades variables de arena fina, cuyos fragmentos son subredondeados.

3 CLIMA, HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA LOCAL

3.1. CLIMA

El clima de Arica es desértico. Muy pocas precipitaciones durante el año. Este clima es considerado BWh según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Arica, la temperatura media anual es de 18,7 °C.

Con una temperatura media de 22,3 °C, febrero es el mes más caluroso del año. julio tiene la temperatura promedio más baja del año con un promedio de 15,6 °C.

Figura 1: Temperatura local. Fuente: Climate-org.

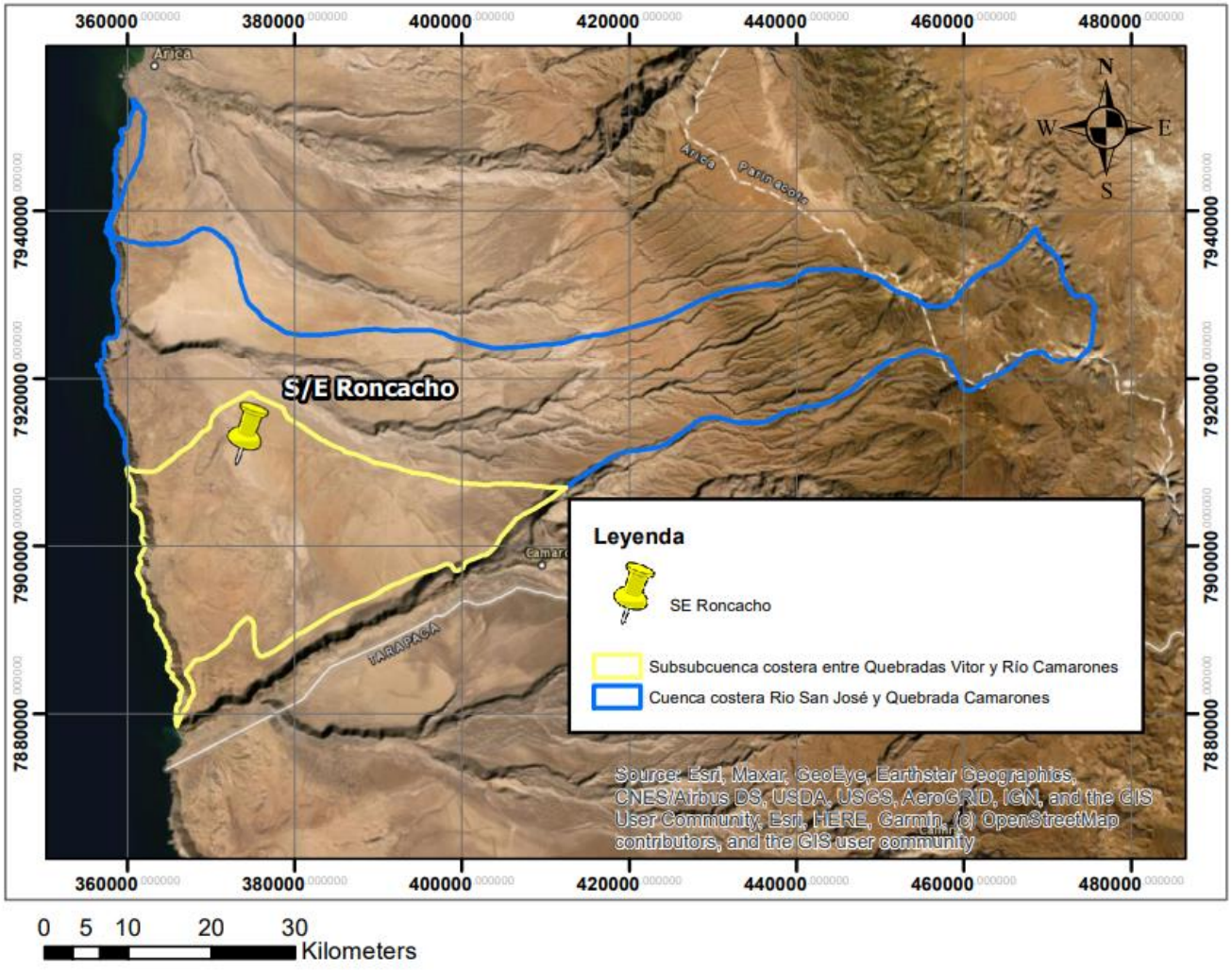
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	21.9	22.3	21.2	19.6	17.8	16.7	15.6	15.7	16.5	17.5	19	20.4
Temperatura mín. (°C)	18	18.4	17.3	15.7	14.5	14	12.3	12.9	13.4	14.4	15.7	16.7
Temperatura máx. (°C)	25.8	26.2	25.1	23.5	21.2	19.5	19	18.5	19.6	20.7	22.3	24.2
Precipitación (mm)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Data: 1982 - 2012

3.2. HIDROLOGÍA

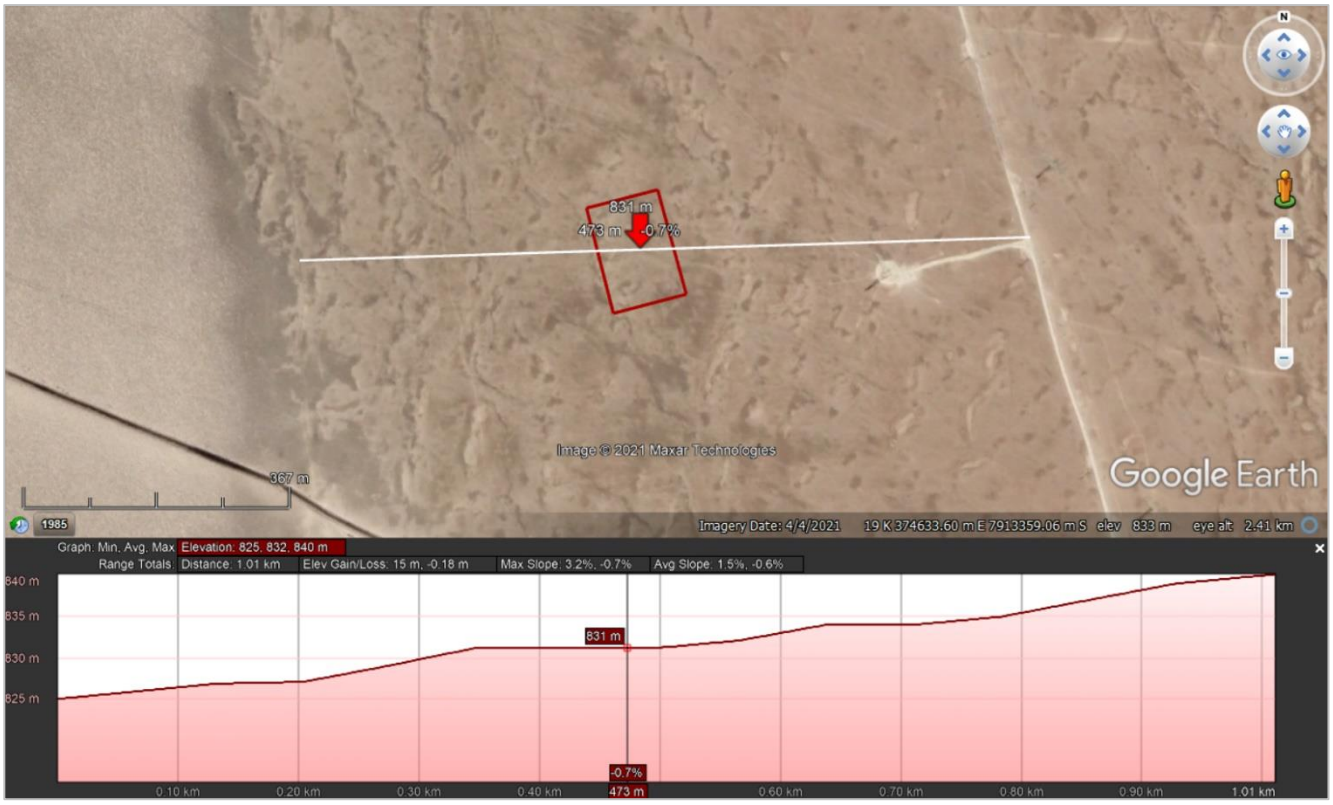
De forma global, la zona estudio se encuentra en la Cuenca costera entre Quebradas Vitor y Río Camarones que se extiende desde las laderas occidentales de la cordillera de los Andes hasta su desembocadura en el océano Pacífico. La Subsubcuenca donde se ubica el proyecto es arreica por lo que sus aguas no desembocan en el mar, sino que se evaporan o infiltran al suelo.

Figura 2: Cuenca y Subsubcuenca asociada al sitio del proyecto.



De forma local, la zona de estudio se encuentra en la pampa camarones. Esta presenta una pendiente media de aproximadamente 1,3% descendente hacia el oeste, por lo que el drenaje por escorrentía superficial tendría esa dirección, de grado bajo a medio.

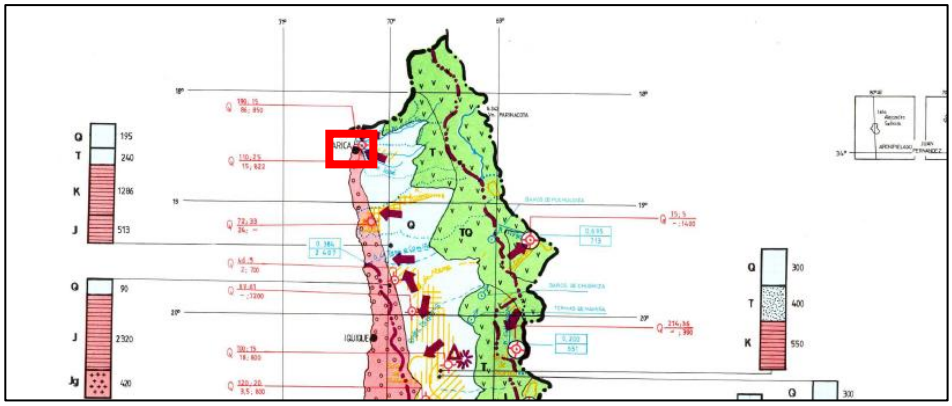
Figura 3: Perfil longitudinal de la zona en estudio.



3.3. HIDROGEOLOGÍA

A escala local, en la zona de estudio, y según las calicatas y sondeos eléctricos verticales realizados el nivel freático no se detecta en la zona de estudio.

Figura 4: Mapa hidrogeológico de Chile. Fuente DGA.



TIPO DE PERMEABILIDAD	SIMBOLO	IMPORTANCIA HIDROGEOLOGICA RELATIVA	PRINCIPALES FORMACIONES INTERESADAS	CARACTERISTICAS GENERALES
MUY BAJA A AUSENTE (Roca)		MUY BAJA	Qv TQ T C	ROCAS VOLCANICAS. Coladas y depósitos piroclásticos riolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos, asociados a volcanes antiguos bien conservados o activos. Cordillera de Los Andes.
		MUY BAJA	Q, Qa J JKT	AFLORAMIENTOS DE ROCAS MIXTAS. Rocas sedimentario - volcánicas con cubierta discontinua de depósitos no consolidados. Acuíferos inexistentes por falta de recarga. Norte Grande.
		MUY BAJA	T K J M PzM	ROCAS MIXTAS SEDIMENTARIO - VOLCANICAS. Coladas, brechas e ignimbritas con intercalaciones de lutitas, arenisca y conglomerados. Se consideran basamento de los acuíferos. Abarcan zonas cordilleranas.
		NULA	Kg, KTg JKg, JTg Mg Pzg	ROCAS PLUTONICAS E HIPABISALES. Intrusivos graníticos. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera de los Andes.
		NULA	Pz	ROCAS METAMORFICAS. Metareniscas, pizarras, filitas, esquistos, gneises, anfibolitas. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera Andina Patagónica.

4 TRABAJOS REALIZADOS

Para la caracterización geotécnica en el área de emplazamiento de la subestación se ha efectuado un programa de reconocimientos del terreno mediante calicatas, ensayos de permeabilidad, conos de arena, medición de ondas sísmicas, entre otros. Además, de las calicatas se tomaron muestras para realizar ensayos de laboratorio con el fin de caracterizar geotécnicamente el terreno.

Los registros de los reconocimientos en terreno y las actas de laboratorio se adjuntan en los anexos de este documento.

Por último, hay que destacar que la metodología seguida para la realización de los ensayos de terreno y laboratorio se han seguido las directrices marcadas por:

- ✓ NCh1508 Of. 2014. *Geotecnia, Mecánica de suelos*. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, SERVIU. Sociedad Chilena de Geotecnia.
- ✓ Manual de Carreteras 2020. Volumen 2 y 8. Ministerio de Obras Públicas.
- ✓ Norma Chilena Oficial NCh 2369 Of. 2009, *Diseño Sísmico de estructuras e Instalaciones*, Instituto Nacional de Normalización, 2009.
- ✓ Norma Chilena Oficial NCh 433 Of. 2012, *Diseño Sísmico de edificios*, Instituto Nacional de Normalización, 1996, modificada por el decreto Supremo N°61, publicado en diciembre de 2011.
- ✓ Aquellas partes de los ensayos que no aparecen recogidos por las normas anteriormente mencionadas se han realizado siguiendo lo indicado en el Eurocode EN 1997, UNE-ENV 1997-2 «*Geotechnical design. Design assisted by laboratory testing»,* UNE-ENV-1997-3 «*Geotechnical design. Design assisted by field-testing»*.

A continuación, se describen los trabajos de campo según *ASTM International Geotechnical Engineering Standards*.

- ✓ Límite de consistencia ASTM D4318
- ✓ Granulometría por tamizado ASTM D421
- ✓ Humedad Natural ASTM D2216
- ✓ Peso específico de las partículas sólidas NCh 1532 OF 1980.
- ✓ Proctor modificado ASTM D1557
- ✓ CBR ASTM D1883

4.1. TRABAJOS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN

4.1.1 CALICATAS

Las calicatas son excavaciones en pozo o zanja que permiten la inspección visual y el acceso directo al terreno para la toma de muestras, donde también es posible realizar ensayos "in situ".

Mediante el empleo de retroexcavadora y abarcando la superficie del proyecto, en los puntos seleccionados, se realizaron un total de ocho (8) calicatas. Para la ejecución de las calicatas se realizó una zanja en el terreno de dimensiones reducidas y de manera ordenada para permitir identificar los distintos niveles de terreno y la toma de muestra de cada uno de ellos. En el Anexo 3 se adjunta imagen con la ubicación de las calicatas realizadas.

Indicar que la ubicación de las coordenadas se realizó con GPS que puede presentar una precisión de +/- 5.0 m y que el nivel de referencia para las profundidades es la rasante del terreno en la fecha en la que se realizaron los trabajos de campo. En el apartado 5.1 se discuten los resultados obtenidos en las calicatas y en el Anexo 4 se recogen las actas con las descripciones estratigráficas y fotografías de las calicatas. La siguiente tabla detalla la ubicación de las calicatas, profundidades alcanzadas y las profundidades de las muestras obtenidas.

Tabla 1: Ubicación de las calicatas y profundidades alcanzadas (WGS84 19K).

CALICATAS REALIZADAS					
CALICATA	UTM ESTE	UTM NORTE	Profundidad Alcanzada (m)	Profundidad Muestra (m)	
				Desde	Hasta
C-01	374.579	7.913.325	0,3	0,1	0,3
C-02	374.609	7.913.383	0,5	0,3	0,5
C-03	374.573	7.913.439	0,6	0,4	0,6
C-04	374.536	7.913.538	0,3	0,1	0,3
C-05	374.636	7.913.249	0,2	0,0	0,2
C-06	374.974	7.913.041	0,3	0,1	0,3
C-07	374.757	7.913.890	0,3	0,1	0,3
C-08	374.609	7.913.453	0,5	0,3	0,5

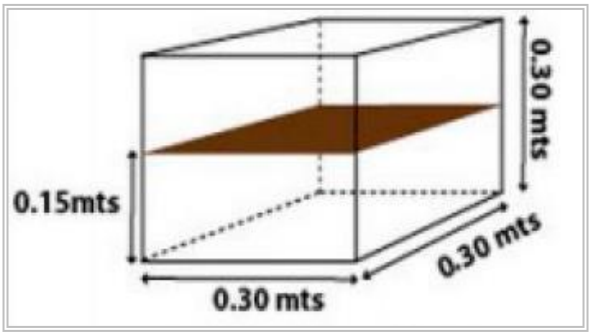
Nota: Tras detectarse la presencia de niveles extremadamente cementados (compacidad muy alta) se consideran cinco minutos adicionales de intento de excavación, al detectar el rechazo se da por terminada la excavación de cada calicata.

4.1.2 ENSAYOS DE INFILTRACIÓN TIPO ÍNDICE DE ABSORCIÓN

La metodología de este tipo de ensayos consiste en los siguientes pasos:

- ✓ Se realiza una excavación circular o cuadrada de 0,3 m de lado y 0,3 m de profundidad. Esta excavación se realiza en la profundidad que queremos conocer su permeabilidad y puede ser en el interior de una calicata.

Figura 5: Excavación para ensayo de infiltración.



- ✓ En dicha excavación se vierte agua hasta alcanzar la altura máxima de la excavación.
- ✓ Una vez infiltrada el agua por completo se vuelve a llenar hasta 15 cm de altura.
- ✓ Se mide el tiempo que tarda en descender el nivel 2,5 cm.

En el Anexo 5 se presentan las actas de la realización de cada ensayo y en el apartado 5.2 su interpretación.

Tabla 2: Ubicación y profundidad de los ensayos de permeabilidad (**WGS84 19K**).

ENSAYO DE INFILTRACIÓN IN SITU MÉTODO DE ABSORCIÓN			
ABS	**UTM ESTE**	**UTM SUR**	**Profundidad (m)**
ABS-01	374.609	7.913.383	0,5

4.1.3 ENSAYOS DE MEDICIÓN DE ONDAS SÍSMICAS

Mediante este ensayo geofísico se pretende determinar los espesores de recubrimiento, litologías presentes y comportamiento sísmico del subsuelo. El método MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) es una técnica de investigación no invasiva que permite determinar el perfil de velocidades de las ondas de corte vertical V_s basándose en la medición de las ondas superficiales, obtenidas mediante geófonos colocados en la superficie del suelo.

Considerando que la tierra se comporta como un medio elástico, se pueden relacionar las velocidades de ondas sísmicas con diferentes materiales que componen el subsuelo. Estas equivalencias se han obtenido con el tiempo y en la actualidad existen valores tabulados para cada litología.

El equipo empleado es un GEA24 de la casa comercial italiana PASI.

Se realizaron un total de dos (2) ensayos MASW con fecha 04/09/21. La siguiente tabla muestra las coordenadas de los ensayos realizados. En el Apartado 5.3 se discuten los resultados obtenidos en los ensayos y en el Anexo 6 se recogen las actas con la interpretación y la tabla de ubicación de éstos.

Tabla 3: Ubicación de los ensayos de medición de ondas superficiales (Datum WGS 19K).

ENSAYOS DE ONDAS SUPERFICIALES				
ENSAYO	PUNTO CENTRAL		Longitud (m)	Orientación
	UTM ESTE	UTM SUR		
MASW-01	374.609	7.913.440	115	E-O
MASW-02	374.609	7.913.440	115	N-S

4.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras de las calicatas, se han realizado ensayos de laboratorio, seleccionando para ello las profundidades y tramos de los reconocimientos más interesantes, tendentes a la caracterización de los materiales presentes en el área de estudio, a su reutilización como material de rellenos, y a la determinación de su capacidad portante como nivel de apoyo de cimentaciones y de estructuras de tierra.

Las actas de los ensayos de laboratorio realizados se adjuntan en los apéndices al final del documento.

Tabla 4: Ensayos de laboratorio realizados.

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS	
Ensayos de Identificación y Clasificación	**Cantidad**
Clasificación. ASTM D 2487:2011	8
Análisis Granulométrico integral hasta 3". M Carreteras 2014 Vol. 8 102.1 (LNV 105)	8
Determinación de los Límites de Atterberg. (NCh 1517/1, NCh 1517 /2 Of.79)	8
Determinación de la humedad de un suelo mediante secado en estufa (NCh 1515. Of.79)	8
Densidad de las partículas sólidas (peso específico) bajo malla n°4. NCh 1532 Of.80	8
Ensayos de Compactación	**Cantidad**
Ensayo de apisonado por el método de Proctor Modificado. (NCh 1534/2 Of.79)	1
Razón de soporte con hinchamiento. CBR NCh 1852/2 Of.81.	1
Ensayos Químicos	**Cantidad**
Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of.80)	4
Determinación del contenido de sales solubles totales (NCh 1444. Of.80)	4
Determinación del pH. ASTM D4972/95	4

Tabla 5: Ensayos de campo realizados.

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS	
Ensayo	**Cantidad**
Calicata Mecánica hasta 3 m profundidad o rechazo, mapeo, reportaje fotográfico y supervisión general de técnico especialista. Incluye toma de muestra	8
Método Pozo Absorbente (cuadrado 30x30 cm). Determinación del Índice de Absorción según Reglamento de Alcantarillado Particular DS236 o PAS 138.	1
Densidad in Situ. Ensayo de cono de Arena. MC8.102.9:2014 (NCh 1516. Of.79.) o ASTM D-3017-05	8
Ensayo de medición de ondas sísmicas (MASW)	2

La discusión de los resultados obtenidos se recoge en el Capítulo 6 y las actas de resultados en el Anexo 11.

5 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN TERRENO

5.1 Perfil estratigráfico de las calicatas

En la campaña de calicatas y de forma sintética se distinguen dos estratos con continuidad lateral y espesor más o menos constante. La columna estratigráfica de menor a mayor profundidad se resume en la siguiente tabla, en ella se refleja a la profundidad donde aparece la Unidad Estratigráfica (UE) como término medio, y el espesor promedio que se ha medido en las calicatas. Las actas con los perfiles estratigráficos detallados y fotografías de las calicatas se adjuntan en el Anexo 4.

Tabla 6: Columna estratigráfica sintética de las calicatas.

Unidad Estratigráfica	Desde (m)	Hasta (m)	Espesor medio (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA
U.E.1	0,0	0,2-0,6	0,5	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico (Qe).
U.E.2	0,2-0,6	-	-	ARENA LIMOSA de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente a profundidad variando de firme a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. En general el estrato presenta grado de cementación muy alto. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).

Podemos concluir del análisis de las calicatas que la parcela presenta el siguiente perfil estratigráfico:

- ✓ UE1: **Arenas limosa (chusca)**. Según la USCS se clasifica entre los tipos SM. Su espesor medio es de 0,4 m.
- ✓ UE2: **Arena limosa** muy cementada. Según la USCS se clasifica como SM. Espesor no determinado.

No se detecta nivel freático en la fecha de exploración.

De manera informativa, se hace mención del perfil estratigráfico sintético de la campaña anterior. En esta se logró una profundidad de exploración mayor y sus resultados son coherentes con los obtenidos en este informe, en gran parte debido a que se emplazan en la misma unidad geológica asociada a areniscas de la Formación El Diablo (Mimd).

Tabla 7: Columna estratigráfica sintética de la exploración anterior.

Unidad Estratigráfica	Desde (m)	Hasta (m)	Espesor medio (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA
U.E.1	0,0	0,2	0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.
U.E.2	0,2	2,1	0,8	ARENA LIMOSA de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente a profundidad variando de firme a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. En general el estrato presenta grado de cementación muy alto. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).
U.E.3	0,1-2,1	N/A	N/A	ROCA SANA de color gris. Areniscas de la Formación El Diablo (Mimd) No ripable con excavadora.

De este análisis de calicatas se presenta el siguiente perfil estratigráfico en los primeros 2,1 m:

- ✓ UE1: **Arena Limosa**. Según la USCS se clasifica entre los tipos de SM. Su espesor medio es de 0,2 m.
- ✓ UE2: **Arena Limosa Muy Cementada**. Según la USCS se clasifica como SM. Su espesor medio es superior a 0,8 m.
- ✓ UE3: **Roca Sana**. Encontrada en ciertos sectores sin una relación geoespacial definida, la profundidad de aparición varía desde los 0,1 m y 2,1 m.

5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

Se realizó un (1) ensayo de permeabilidad en el interior de la calicata a una profundidad de 0,5 m. Los datos de las lecturas y resultados se adjuntan de forma detallada en el Anexo 5. Se resume en la siguiente tabla el ensayo realizado y los resultados obtenidos.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8. Ensayos de índice de absorción realizados y resultados obtenidos.

ENSAYO	Tiempo en minutos para descenso de 2,5 cm	Índice de Absorción Para Pozos Absorbentes (l/m^2/día)	Índice de Absorción Para Tubo de Drenaje (l/m^2/día)
INF-01	0:15	200	160

Observaciones:

- ✓ El ensayo duró 15 segundos.
- ✓ Los resultados de esta prueba se sitúan en un rango de permeabilidad media donde sus valores aproximadamente rondarían un rango de 10^{-1} a 10^{-3} cm/s en un ensayo de infiltración.

5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE ONDAS SUPERFICIALES

Los resultados obtenidos se procesaron mediante el software Geopsy y Dinver, con un modelo de 3 capas para simplificar la comparación entre éstos. Para todos los ensayos realizados se obtuvieron valores de V_{s30} dentro del mismo rango, lo que indica un terreno relativamente homogéneo.

Las actas con los resultados obtenidos en los ensayos se adjuntan en el Anexo 6.

Como se presentó en los análisis de las calicatas, se aprecia una primera capa la cual tiene una compacidad de baja a media, y bajo se esta se aprecian niveles de compacidad creciente en profundidad.

En la siguiente tabla se resume de forma sintética el número de capas detectadas, sus espesores y la velocidad V_s media.

Tabla 9: Espesores y valores de V_s medidos en los ensayos de prospección sísmica.

	CAPA	Espesor (m)	Desde (m)	Hasta (m)	V_s (m/s) media	V_{s30} (m/s)
MASW-01 E-W	1	6,25	0,00	6,25	508	555
	2	6,25	6,25	12,50	540	
	3	17,5	12,50	30,00	580	

	CAPA	Espesor (m)	Desde (m)	Hasta (m)	V_s (m/s) media	V_{s30} (m/s)
MASW-02 N-S	1	6,25	0,00	6,25	475	511
	2	6,25	6,25	12,50	500	
	3	17,5	12,50	30,00	530	

Finalmente, se obtuvo un valor promedio de V_{s30} de 533 m/s el cual se define como roca blanda o fracturada, o suelo muy denso o firme, lo cual según normativa sólo podrá ser corroborado a través de la realización de un sondaje.

6 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

6.1 ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN

En la siguiente tabla se recogen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelos obtenidas en las calicatas.

Tabla 10: Resumen ensayos de identificación y clasificación de suelos.

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	Clasificación USCS	CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS				PLASTICIDAD LÍMITES DE ATTERBERG			PARÁMETROS DE ESTADO NATURAL		
				Sobre tamaño	Gravas	Arena	Finos	LL	LP	IP	Peso específico	Densidad húmeda	Humedad
											GS	ρt	W
				(%)	(%)	(%)	(%)				-	(t/m³)	(%)
C01	0,1	0,3	SM	0	0	71	29	-	-	NP	2,72	1,37	1,2
C02	0,3	0,5	SM	0	1	66	33	-	-	NP	2,71	1,41	1,3
C03	0,4	0,6	SM	0	2	71	27	-	-	NP	2,69	1,37	0,9
C04	0,1	0,3	SM	0	3	71	26	-	-	NP	2,69	1,41	1,1
C05	0,0	0,2	SM	0	3	64	33	-	-	NP	2,70	1,39	0,5
C06	0,1	0,3	SM	0	2	72	26	-	-	NP	2,70	1,40	1,1
C07	0,1	0,3	SM	0	3	63	34	-	-	NP	2,70	1,35	0,8
C08	0,3	0,5	SM	0	1	60	39	-	-	NP	2,70	1,35	1,2
Valor mínimo				0	0	60	26	-	-	-	2,69	1,35	0,5
Valor máximo				0	3	72	39	-	-	-	2,72	1,41	1,3
Valor medio				0	2	67	31	-	-	-	2,70	1,38	1,0
Desviación Estándar				0	1	5	5	-	-	-	0,01	0,02	0,3

Tabla 11: Resumen ensayos cono de arena.

Prospección	Profundidad		Densidad húmeda	Densidad seca	Humedad
	Desde (m)	Hasta (m)	ρt	ρd	W
			(t/m³)	(t/m³)	(%)
CDA1-C01	0,1	0,3	1,37	1,35	1,2
CDA2-C02	0,3	0,5	1,41	1,39	1,3
CDA3-C03	0,4	0,6	1,37	1,36	0,9
CDA4-C04	0,1	0,3	1,41	1,39	1,1
CDA5-C05	0,0	0,2	1,39	1,38	0,5
CDA6-C06	0,1	0,3	1,40	1,38	1,1
CDA7-C07	0,1	0,3	1,35	1,33	0,8
CDA8-C08	0,3	0,5	1,35	1,34	1,2
Valor mínimo			1,35	1,33	0,5
Valor máximo			1,41	1,39	1,3
Valor medio			1,38	1,37	1,0
Desviación Estándar			0,02	0,02	0,3

6.2 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA EN SUELOS

Los ensayos químicos realizados están encaminados en determinar la agresividad que puede presentar el suelo en contacto con el acero y el hormigón.

Tabla 12: Ensayos químicos en muestras de suelo

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	ANÁLISIS QUÍMICO		
			Sulfatos (SO_4) %	pH	Sales totales %
C01	0,1	0,3	0,169	7,96	2,37
C07	0,1	0,3	0,174	8,05	3,08
C03	0,4	0,6	0,194	7,65	1,97
C05	0,0	0,2	0,184	7,88	2,57
Valor mínimo			0,169	7,65	1,97
Valor máximo			0,194	8,05	3,08
Valor medio			0,180	7,88	2,49
Desviación Estándar			0,011	0,17	0,46

6.3 ENSAYOS DE COMPACTACIÓN

Se realizaron ensayos de compactación en muestras obtenidas en las calicatas para conocer la aptitud del terreno para su uso en rellenos estructurales con los siguientes resultados.

Tabla 13: Ensayos de compactación.

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	PROCTOR MODIFICADO		CBR (Al 95% de la D.M.C.S.
			D.M.C.S.	W% optima	
			(t/m³)	(%)	(%)
C08	0,3	0,5	1,93	8,30	35,05

7 RIESGOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

Dadas las condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas de la zona de estudio se reconocen los siguientes Peligros Geológicos Potenciales:

- ✓ **Sismos de gran magnitud**, el proyecto está emplazado en la zona 3 según la norma NCh433, por lo tanto, hay una probabilidad de ocurrencia muy alta, lo que conlleva tener en cuenta este riesgo en el diseño de las estructuras.
- ✓ **Alto contenido de sales solubles** que pueden producir colapso del suelo en presencia de agua. Este riesgo se considera en efectos prácticos bajo debido a la escasa precipitación que se produce en la zona y sólo se generaría mayoritariamente por la entrada de agua en el terreno de origen antrópico (roturas de cañerías, entre otros).
- ✓ **Efecto de sitio,** a pesar de haber considerado una probable presencia de roca bajo el suelo estudiado que reduciría el efecto de sitio a un nivel mínimo, este fenómeno no debe descartarse y solo podrá ser comprobado y estudiado mediante la realización de sondajes.

Por la litología, ubicación y condiciones del terreno no se consideran otros riesgos del proyecto.

8 SISMICIDAD

En base al conocimiento de la geología local y de la posición geográfica de la zona de estudio, clasificaremos la zona de estudio según las normas de diseño sísmico:

- ✓ Norma Chilena Oficial NCh 2369 Of.2003 "Diseño Sísmico de estructuras e Instalaciones industriales"

Desde el punto de vista geográfico y según la norma Nch 2369 la zona de estudio se encuentra en la Zona Sísmica detallada en la siguiente tabla con los siguientes valores de aceleración efectiva Ao y aceleración máxima del suelo (ao).

Tabla 14: Zona sísmica y sus valores de aceleración efectiva y máxima asociados.

Zonificación Sísmica	ao	Ao
3	0,5g	0,4g

Los parámetros para el cálculo sísmico dependientes de la localización geográfica y tipo de terreno pueden ser revisados en el Anexo 9.

Los parámetros sísmicos para la zona donde se emplazará el proyecto se adjuntan en las siguientes tablas.

Tabla 15: Parámetros sísmicos de la zona de estudio NCh 2369 Of.2003.

Tipo Suelo	T´(s)	n
III*	0,62	1,80

Tabla 16: Parámetros sísmicos de la zona de estudio NCh 433 Of.96, modificada por el DS61.

Tipo Suelo	Descripción	S	To (s)	T´(s)	n	p
C*	Suelo denso o firme	1,05	0,40	0,45	1,40	1,60

*Destacar que la clasificación según DS61 es una estimación conservadora, dado que no se cuentan con sondeos por lo que los valores expresados deberán de ser adoptados por el técnico competente con cautela y bajo su criterio. Según los análisis símicos el suelo resultó tipo B, sin embargo, **se debe reducir a suelo tipo C** por la falta de sondajes según la normativa actual.

9. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En función de las distintas prospecciones realizadas y los ensayos de laboratorio pasaremos a diferenciar las Unidades Geotécnicas (UG), presentes en la zona de estudio y sus parámetros geotécnicos.

9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

De forma resumida se distinguen las siguientes unidades:

Tabla 17: Descripción sintética de las Unidades Geotécnicas identificadas en la zona de estudio.

Unidad Geotécnica	DESCRIPCIÓN
U.G.1	ARENA LIMOSA (chusca) de color café claro a blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico (Qe).
U.G.2*	ARENAS LIMOSA de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente a profundidad variando de firme a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 – 20 cm. En general el estrato presenta un grado de cementación muy alto. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).

*Nota: Para definir de manera óptima la U.G.2 se utilizó como antecedente el informe desarrollado anteriormente por GCH para este proyecto. A pesar de estar en diferentes zonas distanciados a 4,89km se encuentran en la misma unidad geológica (Anexo 2), que corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc), por lo cual sus resultados pueden ser extrapolables al presente informe.

Pese a que en exploraciones previas fue observada la presencia de roca, en la modelación geotécnica no se considerará para obtener un modelo más conservador.

9.2. PARÁMETROS DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

Los parámetros aquí expresados han sido escogidos en función de los resultados de los ensayos realizados en terreno, de los ensayos de laboratorio, de expresiones empíricas y a través de correlaciones reconocidas (Anexo 14). A pesar de que los antecedentes indican la presencia de roca, de manera conservadora solo se consideran los

estratos de suelo para la modelación. Se han reconocido dos (2) Unidades Estratigráficas con distintas propiedades geotécnicas por lo que, a efectos de cálculos y modelización del terreno, se considerarán dos (2) Unidades Geotécnicas (UG). La elección de los parámetros geotécnicos de la U.G.2 se respalda en el informe previo realizado por GCH, que se valida al reconocer la misma unidad geológica en las dos prospecciones.

El espesor de la UG2 que a efectos de cálculo se considera de espesor infinito.

Tabla 18: Parámetros Geotécnicos de cálculo establecido

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ESTIMADOS	UG1	UG2	UG3*
Clasificación o tipo de suelo	CHUSCA	SM	ROCA
Espesor considerado (m)	0,3	2,7	N/A
Compacidad/Consistencia	Suelto	Compacto	Muy Compacto
Densidad natural del suelo (t/m^3)	-	1,6 – 1,7	1,8 – 2,0
Ángulo de rozamiento interno (∅°) estimado	-	33 – 35	35 – 45
Cohesión efectiva (C) (kg/cm^2) estimada	-	0,1 – 0,5	5 - 10
Coeficiente de Poisson	-	0,35 – 0,40	0,15 – 0,20
Módulo de deformación, Eo (kg/cm^2)	-	> 400	>700
Módulo de Balasto K30 (kg/cm^3)	-	7 – 13	>30
Tensión vertical estática admisible B=L=1 m (kg/cm2)	–	3,0 – 7,1	> 5
Tensión vertical sísmica admisible B=L=1 m (kg/cm2)	–	4,5 – 10,6	>15

*Los parámetros de roca fueron obtenidos de *Burt Look, Handbook of geotechnical investigation and design tables.*

Estimativamente, según el marco geológico establecido, debajo de las UG definidas se podría encontrar un estrato de roca (arenisca). A pesar de haberla observado en exploraciones previas, en esta exploración no se tiene la certidumbre necesaria para incluirla en la modelación, obteniendo así un modelo de fundaciones más conservador.

Adicionalmente, se añade la siguiente tabla informativa que corresponde a los parámetros geotécnicos recomendados para el suelo presente en el proyecto, propuestos por el documento «*Especificación Técnica*

General», TRANSELEC. Estos parámetros son una estimación conservadora para la optimización del diseño de fundaciones de subestaciones y líneas de transmisión eléctrica.

Tabla 19: Parámetros referenciales para el diseño de fundaciones según la ETG-A.0.10 Ed.3.

Tipo de Suelo	Forma de Trabajo	Cohesión	Angulo de Fricción	Angulo cono Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Aplastamiento	Peso Unitario del Hormigón al Arrancamiento	Peso Unitario del Hormigón al Aplastamiento	Presión Admisible Neta Vertical	Presión Admisible Neta Horizontal
		(T/m^2)	(°)	(°)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^2)	(T/m^2)
2*	C y F	6,0	35	40	2,0	2,0	2,3	2,4	60	50

Parámetro válido para la UG2.

10 DISEÑO DE FUNDACIONES

10.1 TIPO DE FUNDACIONES

En base a todo lo expuesto hasta ahora, a raíz de los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados y las solicitaciones de las estructuras que se proyectan realizar, se recomienda resolver el apoyo de las construcciones proyectadas, **mediante una cimentación superficial, cuadrada, rectangular o cilíndrica.**

La fundación deberá considerar como sello de fundación (apoyo y empotramiento) en la UG2.

Según la condición anterior, las cimentaciones deberán empotrarse a **al menos un (0,8) metro respecto a la rasante del terreno** en las condiciones topográficas actuales. En el caso de que se detecte que las fundaciones tengan apoyo mixto se deberán utilizar vigas cadena para evitar asentamientos diferenciales.

Es importante señalar que en el momento de elaborar este informe se desconocen los movimientos de tierra, rellenos o nivelaciones que se realizarán en la zona de estudio. Por tanto, los cálculos de capacidad portante y asientos aquí incluidos se han realizado bajo las condiciones actuales del terreno. Cambios futuros en las condiciones topográficas del terreno harán necesarios validar las hipótesis de cálculo aquí empleadas.

10.2 CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTADO LÍMITE DE DAÑOS

En este apartado se van a considerar las presiones máximas que soporta el terreno hasta llegar a la rotura.

En el Anexo 10 se describe con detalle la teoría de los métodos de cálculo empleados y el modelo geotécnico del terreno. **Profundidad mínima de empotramiento 0,8 m.**

Las hipótesis de cálculo para la capacidad portante son las siguientes:

- ✓ Método de cálculo de la capacidad portante según Hansen (1970).
- ✓ Factor de seguridad aplicado de 3.0 para condiciones estáticas y 1.5 para condiciones sísmicas, que podrá ser aumentado hasta 2.0 según el tipo de proyecto y criterio del calculista.
- ✓ Carga según estado límite de daños (rotura total).
- ✓ Cimentación rígida para el caso de zapatas, cimentación flexible para losas de gran tamaño.
- ✓ Realizar un escarpe de los primeros 0,3 m del terreno cerca de la fundación (quita capa de material suelto o materia orgánica).
- ✓ No se considera el efecto positivo del relleno estructural
- ✓ La UG2 se considera con un espesor infinito.

En caso de que se deba verificar la resistencia al deslizamiento (horizontal) es necesario incluir la siguiente ecuación.

$$F_{est} = \frac{1}{2} * F_{des}$$

Donde

- ✓ F_d : Fuerza que produce deslizamiento de la fundación (fuerzas excéntricas, sísmicas, momento).
- ✓ F_e : Fuerzas que estabilizan la fundación (peso de la fundación, carga sobre la fundación, cohesión suelo/estructura, entre otros).

Esta ecuación refleja que las fuerzas resistentes deben ser el doble de las fuerzas solicitantes, a modo de tener seguridad de que la fundación se mantendrá estática y no deslizará.

Pese a que en la campaña previa se observó la presencia de roca, en este caso no se considerará, entregando así un modelo más conservador. A continuación, se presenta el modelo geotécnico de la zona estudio.

Figura 6: Modelo geotécnico del terreno a efectos de cálculo de la capacidad portante

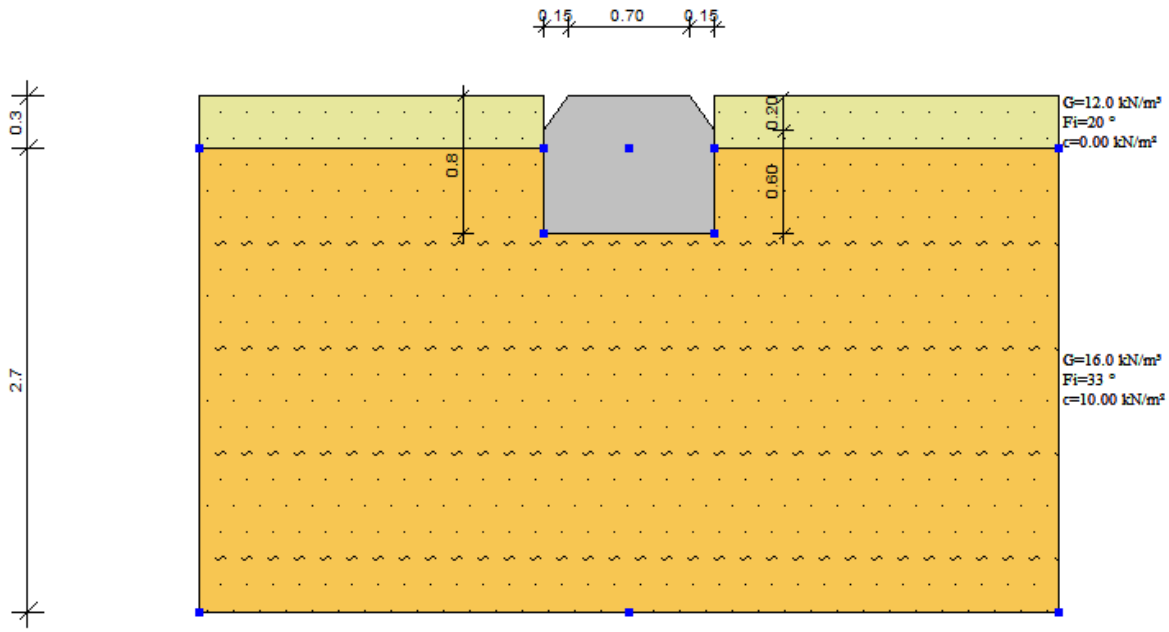


Tabla 20: Cap. de carga a límite de rotura para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	1,0x1,0	2,0x2,0	3,0x3,0
0,8	4,0	4,4	4,8

Tabla 21: Cap. de carga a límite de rotura para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	5 x 5	10 x 10	15 x 15
0,8	5,6	7,6	9,5

Tabla 22: Cap. de carga a límite de rotura horizontal para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite horizontal (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	1,0x1,0	2,0x2,0	3,0x3,0
0,8	2,4	2,6	2,8

Tabla 23: Cap. de carga a límite de rotura horizontal para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática.

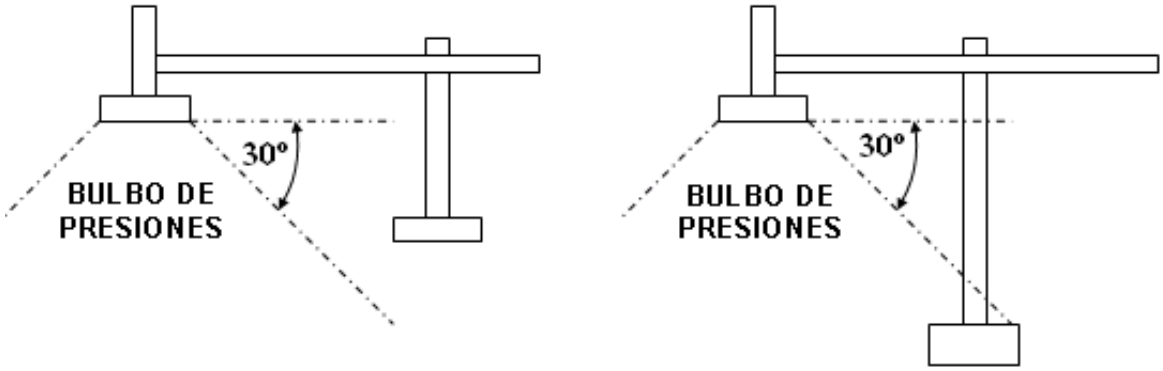
Carga admisible límite horizontal (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	5 x 5	10 x 10	15 x 15
0,8	3,3	4,5	5,7

Condición estática: Condición normal.

De encontrase con zonas fundadas a distinto nivel, esto podría provocar que los bulbos de presiones de las fundaciones que se encuentren apoyadas más arriba sobrecarguen las estructuras inferiores.

En términos geométricos el bulbo de presión está definido por dos rectas que nacen desde los vértices inferiores de la fundación inclinados 30º o 45° con respecto a la horizontal. Dicho bulbo de fundación en el caso de ser afectado por otra fundación deberá de considerarse la sobrepresión ejercida por esta última.

Figura 7: Bulbo de presiones para zapatas escalonadas contiguas.



10.3 CARGAS DE TRABAJO PARA ASIENTOS TOLERABLES

El cálculo de asientos se realiza según el método elástico en el que se considera que los asentamientos de una cimentación rectangular de dimensiones BxL puesta en la superficie de un semiespacio elástico se pueden calcular con base en una ecuación basada en la teoría de la elasticidad, Timoshenko e Goodier (1951), modificación del método de de Steinbrenner (1934):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F$$

Donde

- ✓ q_0 : Intensidad de la presión de contacto
- ✓ B' : Mínima dimensión del área reactiva
- ✓ E_s : Módulo de Elasticidad
- ✓ μ : Razón de Poisson
- ✓ I_i : Coeficientes de influencia

Los coeficientes I_1 y I_2 se pueden calcular utilizando las ecuaciones de *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), en función de la relación *L'/B'* y H/B, utilizando *B'=B/2* y *L'=L/2* para los coeficientes relativos al centro y *B'=B* y *L'=L* para los coeficientes relativos al borde.

A continuación, se asignan los valores de presión de trabajo limitados por los asientos según los siguientes valores.

- Zapatas rígidas en las que los asientos que no superen los 2,5 cm (1").
- Losas flexibles en las que los asientos no superen los 5,0 cm (2"), en el centro de la cimentación.

En el caso de un estrato de espesor finito, el factor Ip se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones:

$$I_P = I_1 + \frac{1-2v}{1-v} I_2$$

$$I_P = (1+\mu)[(1-\mu)\alpha_0 - \alpha_1]$$

Donde

Los factores alfa cero y alfa uno puede evaluarse directamente en los siguientes ábacos:

Figura 8: Ábacos para encontrar los factores alfa ecuación factor de influencia Steinbrenner. Fuente:Taylor y Matyas, 1983.

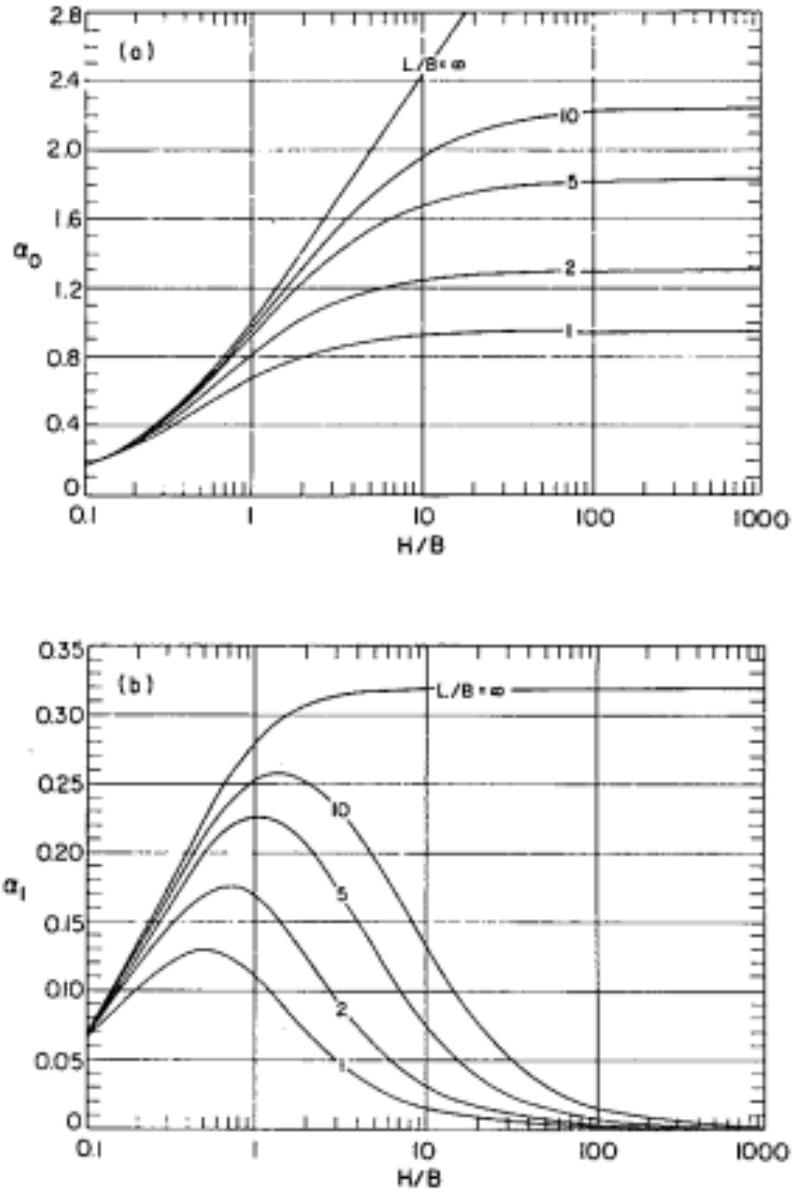


Figura 9: Correlación factor de influencia Steinbrenner según módulo de poisson.

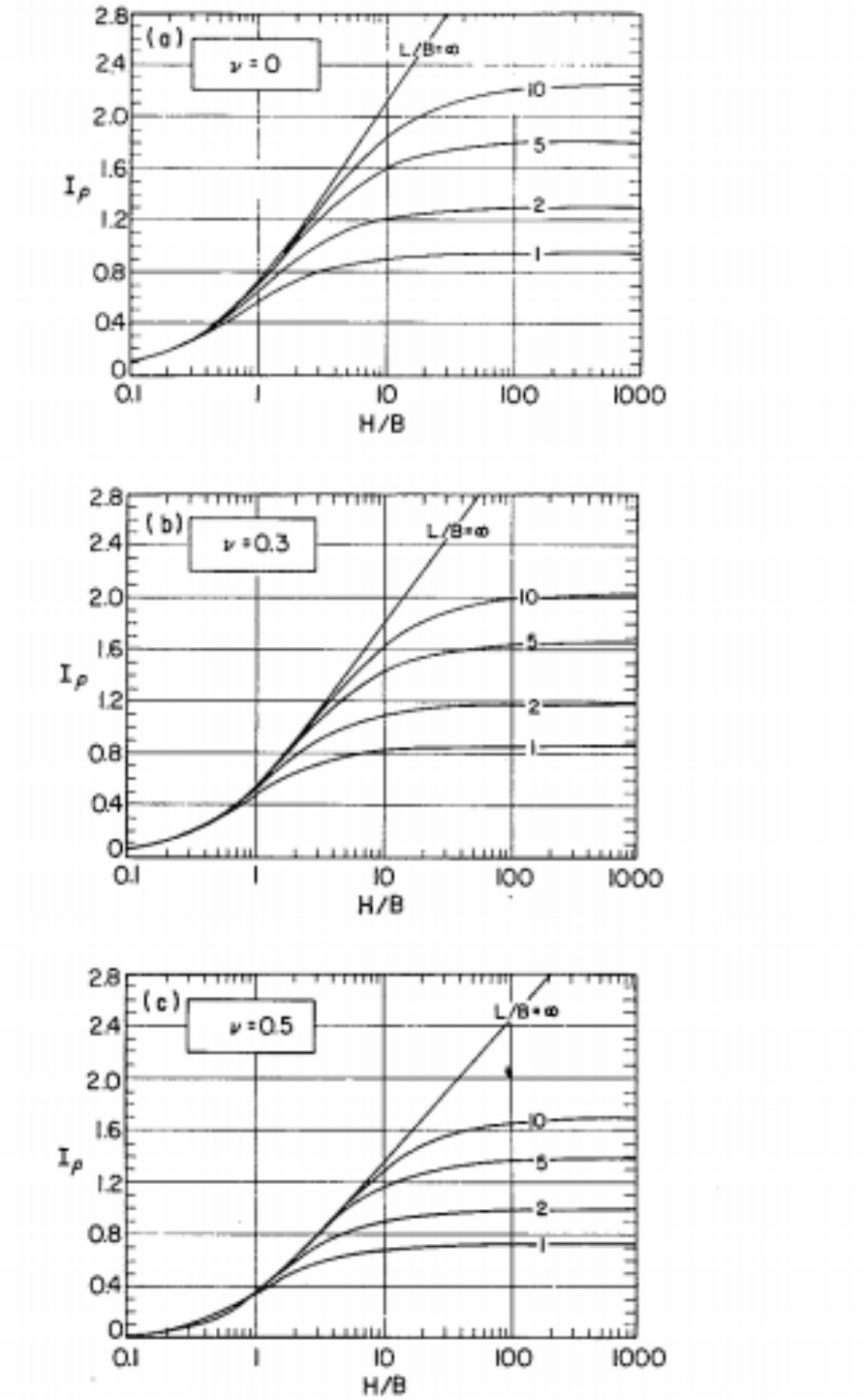


Tabla 24: Carga de trabajo para zapatas rígidas apoyada en UG2 con asientos <2,5 cm.

Carga de trabajo limitada por asientos (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	1,0x1,0	2,0x2,0	3,0x3,0
0,8	3,5	3,2	3,1

Tabla 25: Carga de trabajo para losas flexibles apoyada en UG2 con asientos <5,0 cm.

Carga de trabajo limitada por asientos (kg/cm²)			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	5 x 5	10x10	15x15
0,8	5,6	6,8	7,2

11 CONSTANTE DE BALASTO DE CIMENTACIONES

Las constantes de balasto para el modo de deformación por asentamientos verticales de las fundaciones se podrán calcular de las expresiones dadas para los asentamientos, distinguiéndose las mismas circunstancias de velocidad de aplicación de las cargas.

A falta de ensayos de placa de carga optaremos por valores reconocidos de coeficiente de balasto considerando una placa de 0,3 x 0,3 m.

Tabla 26: Valores del Módulo de Balasto K30 de uso recomendado.

	UG1	UG2
Módulo de Balasto K30 (kg/cm^3)	--	7 – 13*

*Se asume caso húmedo el cual es más conservador.

Fuente"Interacción del suelo, cimiento y estructura: el caso de las zapatas I y II", en: Informes de la Construcción - Nº: 463/471/ 472 respectivamente.

Adicionalmente, se incluye un extracto del artículo.

COEFICIENTE DE BALASTO Valores orientativos para placa de carga de 30x30cm^2 (K30).

Clases de suelo	(K/cm^3)
Suelo ligero de turba y cenagoso	0,5 - 1,0
Suelo pesado de turba y cenagoso	1,0 - 1,5
Arena fina de ribera o playa	1,0 - 1,5
Arena floja seca	1,0 - 1,3
Arena floja húmeda	0,8 - 1,0
Arena media seca	3,0 - 9,0
Arena media húmeda	2,0 - 6,0
Arena compacta seca	9,0 - 20,0
Arena compacta húmeda	7,0 - 13,0
Capa de humus, arena y grava	1,0 - 2,0
Arcilla mojada	2,0 - 3.0
Arcilla húmeda	4,0 - 5,0
Arcilla seca	6,0 - 9,0
Arcilla seca dura	> 10,0
Margas arcillosas	20,0 - 40,0

Clases de suelo	(K/cm^3)
Humus firmemente estratificado con arena y pocas piedras	8,0 - 10,0
Humus firmemente estratificado con arena y muchas piedras	10,0 - 12,0
Gravilla arenosa floja	4,0 - 8,0
Gravilla arenosa compacta	9,0 - 25,0
Grava fina con mucha arena fina	8,0 - 10,0
Grava media con arena fina	10,0 - 12,0
Grava media con arena gruesa	12,0 - 15,0
Grava gruesa con arena gruesa	15,0 - 20,0
Grava gruesa con poca arena	15,0 - 20,0
Rocas blandas o algo alteradas	>30,0
Rocas sanas	>500,0

UNIDADES: 1 K/cm^3 ≈ 10^3 T/m^3 ≈ 10^4 kN/m^3

Bibliografía:
Freire Tellado, Manuel: "Precisiones para el empleo del módulo de balasto" , "Interacción del suelo, cimiento y estructura: el caso de las zapatas I y II", en: Informes de la Construcción - Nº: 463/471/ 472 respectivamente.

Para el caso sísmico se debe considerar la siguiente relación, la cual es dependiente de la relación anterior:

$$k_{v,sis} = 3 * k_v$$

Donde

- ✓ $k_{v,sis}$: Constante de balasto vertical para el caso sísmico.
- ✓ k_v : Constante de balasto vertical para el caso estático.

En general las constantes de balasto vertical se podrán calcular de las siguientes expresiones:

Para el caso de balasto horizontal de fundaciones profundas se recomienda:

- ✓ *Terrenos granulares:* $k_h = k_v * 2{,}5$
- ✓ *Terrenos cohesivos:* $k_h = k_v * 1{,}5$

Estas formulaciones se basan en la interpretación de un pilote o placa de 0,30 m de ancho, por lo tanto, se deben considerar con prudencia en los procesos posteriores de diseño. Particularmente, la ecuación para terrenos granulares asume un terreno denso, ligeramente húmedo (no saturado) con N_{spt}>50. Las formulaciones provienen de Terzaghi (1955), interpretadas por el documento - *Coeficiente de Balasto* de Ing. Augusto José Leoni.

Para losas cuadradas

- ✓ *Terrenos granulares:* $k = k_{30}\left(\frac{B+0.3}{2B}\right)$
- ✓ *Terrenos cohesivos:* $k = \frac{k_{30}*0.3}{B}$

Para losas rectangulares

$$k' = \frac{2}{3} * ks\left(1 + \frac{B}{2L}\right)$$

12 CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EMPUJE

Se desarrolla en este punto la estimación de los empujes horizontales del terreno sobre las estructuras. La presión del terreno sobre la estructura está fuertemente condicionada por la deformabilidad de la estructura (muro), de modo que se distinguen los siguientes tipos de empujes:

- ✓ Empuje al reposo: Se trata de un estado intermedio a los anteriores empujes donde la estructura prácticamente no sufre deformación y el empuje es similar al del estado tensional del terreno inicial.
- ✓ Empuje activo: Se produce este tipo de empuje cuando la estructura de contención se desplaza o gira hacia el exterior y, por tanto, el terreno se descomprime.
- ✓ Empuje pasivo: Este empuje se produce cuando el elemento de contención se desplaza o rota hacia el interior del terreno y, por tanto, lo empuja y comprime.

El empuje pasivo es el mayor valor que puede alcanzar el terreno. El empuje al reposo es por tanto de valor intermedio entre el empuje activo y el empuje pasivo.

A continuación, se calculan los coeficientes de empuje estáticos de acuerdo a 3 métodos:

Código técnico de la edificación (España, 2006):

$$Ka = \left[\frac{cosec\beta * seno(\beta - \emptyset)}{\sqrt{seno(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i)}{seno(\beta-i)}}}\right]^2$$

$$Kp = \left[\frac{cosec\beta * seno(\beta + \emptyset)}{\sqrt{seno(\beta - \delta)} + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i)}{seno(\beta-i)}}}\right]^2$$

Coulomb:

$$Ka = \frac{seno^2(\beta - \emptyset)}{seno^2(\beta) * seno(\beta + \delta) * \left[1 + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i)}{seno(\beta+\delta)*seno(\beta-i)}}\right]^2}$$

$$Kp = \frac{seno^2(\emptyset + \beta)}{seno^2(\beta) * seno(\beta - \delta) * \left[1 - \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i)}{seno(\beta-\delta)*seno(\beta-i)}}\right]^2}$$

Rankine:

$$Ka = coseno(i) * \frac{coseno(i) - \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}{coseno(i) + \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}$$

$$Kp = \frac{coseno(i) + \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}{coseno(i) - \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}$$

Para obtener Ko se aplica la ley de Jacky, ampliamente aceptada por la comunidad científica.

$$Ko = 1 + seno(\emptyset)$$

Donde

- ✓ k_a : Coeficiente de empuje activo.
- ✓ k_p : Coeficiente de empuje pasivo.
- ✓ k_o : Coeficiente de empuje en reposo.
- ✓ $\emptyset$: Coeficiente de rozamiento interno.
- ✓ δ : Ángulo de rozamiento muro-terreno.
- ✓ β : Ángulo del muro con la horizontal.
- ✓ i : Ángulo del terreno con la horizontal

Según los parámetros geotécnicos y métodos de cálculo determinados anteriormente se adjunta la tabla con los parámetros necesarios para el diseño de la fundación y muros.

Tabla 27: Coeficientes de empuje pasivo, activo y de reposo para muro vertical y terreno horizontal.

	CTE	COULOMB	RANKINE
COEFICIENTE	**UG2**	**UG2**	**UG2**
Ka	0,28	0,36	0,31
Kp	4,68	2,61	3,25
K_0	0,47		

Luego, se procede a calcular los empujes activo y pasivo estáticos de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

$$E_{AE} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_{AE}$$

$$E_{PE} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_{PE}$$

Tabla 28: Empuje pasivo y activo estático para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m.

	CTE	COULOMB	RANKINE
EMPUJE (t/m)	**UG2**	**UG2**	**UG2**
Eae	2,04	2,70	2,28
Epe	34,74	19,40	24,17

*Se recomienda disminuir el valor de empuje pasivo al 50%, ya que los métodos sobreestiman su valor.

Análisis seudo-estático (Mononobe - Okabe):

Este método considera la aplicación de aceleraciones pseudo-estáticas, tanto horizontales como verticales, a la cuña activa de Coulomb. El empuje de suelos pseudo-estático se obtiene entonces a partir del equilibrio de la cuña. Las ecuaciones asociadas al método son las siguientes:

Coeficiente de empuje:

$$Kad = \frac{coseno^2(\emptyset - \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta + \delta + \theta) * \left[1 + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i-\theta)}{coseno(\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

$$Kpd = \frac{coseno^2(\emptyset + \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta - \delta + \theta) * \left[1 - \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i-\theta)}{coseno(-\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

Coeficientes seudo - estáticos:

$$Kad = \frac{(1 \pm k_v) * coseno^2(\emptyset - \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta + \delta + \theta) * \left[1 + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i-\theta)}{coseno(\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

$$Kpd = \frac{(1 \pm k_v) * coseno^2(\emptyset + \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta - \delta + \theta) * \left[1 - \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i-\theta)}{coseno(-\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

Empujes seudo - estáticos:

$$\Delta E_{AD} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (K_{AD} - K_{AE})$$

$$\Delta E_{PD} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (K_{PD} - K_{PE})$$

Empuje total:

$$E_{AT} = E_{AE} + \Delta E_{AD}$$

$$E_{PT} = E_{PE} + \Delta E_{PD}$$

Donde

- ✓ k_v : Coeficiente sísmico vertical. Este coeficiente suele despreciarse, si se considera puede tomarse como el 50% del horizontal $k_v \leq k_h/2$.
- ✓ θ : Ángulo definido como $\theta = arc\ tg\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)$
- ✓ Kad : Coeficiente de empuje pseudoestático activo.
- ✓ Kpd : Coeficiente de empuje pseudoestático pasivo.
- ✓ Kae : Coeficiente de empuje activo
- ✓ Kpe : Coeficiente de empuje pasivo

Con respecto al coeficiente k_v del método, Fang y Chen (1995) investigaron la influencia de la dirección de las aceleraciones sísmicas en el método. Comprobaron que el máximo empuje dinámico activo se produce cuando el coeficiente de aceleración sísmica horizontal (k_h) se dirige hacia el muro y coeficiente de aceleración sísmica vertical (k_v) hacia abajo. Por el contrario, el mínimo empuje pasivo se obtiene cuando (k_h)) se dirige hacia el muro mientras que (k_v) se dirige hacia arriba. Por todo ello, para fines de diseño, proponen que se considere $k_v \leq k_h/2$.

Tabla 29: Empuje pasivo y activo total para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m.

	COULOMB
EMPUJE (t/m)	**UG2**
EAT	1,97
EPT	14,11

*Se recomienda disminuir el valor de empuje pasivo a la mitad, ya que, el análisis según el método M-O sobreestima el empuje pasivo total, particularmente para δ > ϕ 2. Por estas razones el Método de Mononobe-Okabe debería ser usado e interpretado cuidadosamente.

13 GIRO DE FUNDACIONES

Para el cálculo de giros de fundaciones se podrá utilizar el concepto de la constante de balasto. Los giros se calcularán de la expresión:

$$\Theta = \frac{M}{k_\Theta \, I}$$

Donde

- ✓ Θ : Giro de la fundación, en radianes.
- ✓ k_Θ : Constante de balasto al giro igual a 2 veces la constante de balasto al descenso vertical.
- ✓ M : Momento volcante a nivel del sello de fundación.
- ✓ I : Momento de inercia del área del sello de fundación según el eje que pasa por el centro de gravedad de dicha área y en la dirección del momento considerado según la convención vectorial.

La constante de balasto estática al giro de fundación puede ser determinada como:

$$k_\Theta = 2\, k_v$$

Donde

- ✓ k_v : Constante de balasto vertical para el caso estático

Para el caso sísmico se debe considerar la siguiente relación, la cual depende de la expresión anterior:

$$k_{\Theta,sis} = 3\, k_v$$

Donde

- ✓ k : Constante de balasto para el caso estático.
- ✓ $k_{\Theta,sis}$: Constante de balasto al giro para el caso sísmico.

Consideraciones para estructuras enterradas

Los rellenos tras muros de estructuras enterradas y tras muros de contención, serán con material granular de origen local (arena limosa). Los rellenos se colocarán en capas de espesor medido suelto no superior a 40 cm, ejecutándose en capas de entre 25 a 40 cm, según sea conveniente y se compactarán mediante al menos 6 pasadas de rodillo de peso estático comprendido entre los 800 – 500 kg por cada punto por cada capa.

En caso de tener momentos aplicados en las estructuras, el calculista deberá modelar eficazmente las cargas aplicadas en cada excentricidad, de modo de identificar y corregir tempranamente los desplazamientos o deformaciones que no cumplan con lo requisitos mínimos de serviciabilidad, o en su defecto con la capacidad máxima del suelo.

14 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

14.1 EXCAVACIONES

En base a las calicatas se determina la excavabilidad de las UG detectadas.

Tabla 30: Rendimiento equipo excavación para cada UG.

	UG1	UG2
Retroexcavadora	Alto	No Aplica
Excavadora	Alto	Medio

En el caso de fundaciones en suelos, se aconseja que los últimos 20 cm de la excavación sean realizados a mano y en el mismo momento de proceder a su hormigonado, con el fin de evitar cambios de humedad, descompresión y caída de material extraño al fondo de la excavación.

Las excavaciones deberán llegar hasta los niveles indicados en los planos o hasta encontrar el suelo de fundación de la calidad establecida en el Proyecto.

Los procedimientos de excavación deberán planificarse de manera que aseguren la estabilidad de los taludes abiertos. Especial consideración tendrán aquellas áreas donde se produzcan interferencias con otros trabajos o instalaciones existentes.

El método de excavación no deberá debilitar las áreas circundantes ni dañar estructuras que se encuentren en construcción o existentes. Para evitar esto, se deberá proteger las estructuras y servicios adyacentes a la excavación.

Se evitarán las sobreexcavaciones durante la ejecución de cualquier faena de excavación. En el caso eventual que éstas se produzcan, la ITO evaluará el impacto de ellas en el proyecto, pudiendo exigir que sean rellenadas hasta restaurar los niveles y perfiles indicados en los planos del proyecto. Estos rellenos se harán de acuerdo a los requerimientos exigidos por la ITO.

14.2 ESCARPES Y NIVELACIÓN

El escarpe consiste en la remoción del estrato superficial de suelo y/o de suelos de todas las áreas donde deben ejecutarse excavaciones y rellenos.

Dada la naturaleza del terreno identificado y de las características del proyecto a ejecutar se hace necesario retirar por completo UG1, **es decir primeros 0,3 m de suelo presentes en el área del proyecto**, en la periferia de las fundaciones y en todas las zonas donde se pretenda hacer rellenos estructurales. Esta UG podría ser utilizada como relleno masivo cumpliendo con diferentes necesidades, siempre y cuando, cuidando de no ser el apoyo de estructuras implementadas y sin ser parte del relleno estructura de confinamiento de las fundaciones.

Además de lo anterior será obligatorio, antes de empezar el proyecto de construcción, eliminar por completo del área del proyecto todo tipo de rellenos artificiales y suelos sueltos o previamente alterados por faenas agrícolas u otra actividad.

14.3 TALUDES DE LAS EXCAVACIONES

En función de las propiedades físicas (granulometría, cohesión, densidad, etc.), y de la ausencia del nivel freático, además de la observación de la estabilidad de las paredes de las calicatas, extrapolaremos la estabilidad de las excavaciones en condición temporal (en obra) y permanente (en uso).

Tabla 31: Diseño de los taludes con altura inferior a 3.0 m.

	UG1	UG2	Material relleno
Condición Temporal (H:V)	--	1:3	1:1
Condición Permanente/Sísmica (H:V)	--	1:2	2:1

La elección de pendientes se basa en las disposiciones de la NCh 349 Of 1999. Si se requiriese taludes con mayor inclinación (ya sea por razones de espacio u otras causas) o taludes con una altura de diseño superior a los 3,0 m se aconseja realizar un estudio de estabilidad, lo cual no forma parte de los alcances del presente estudio.

La estabilidad de las excavaciones para fundaciones se considera estables a corto plazo no siendo necesario tomar medidas de entibación, en todo caso los criterios de excavación deberán respetar lo indicado en la norma NCh 349 Of. 1999, respecto de la seguridad en excavaciones.

Se deberá mantener los taludes en condiciones seguras, tanto en lo que concierne a estabilidad y erosión, de todas las excavaciones que permanezcan temporalmente abiertas, debiendo peinar los taludes erosionados y retirar todos los derrames producto de su erosión.

En el caso de taludes en condición definitiva con serios problemas de erosión será necesario la protección de éstos mediante geotextil, shotcrete, malla u otra medida.

14.4 RELLENOS PARA RADIERES Y PAVIMENTOS

En la ejecución de rellenos bajo radieres y pavimentos podrá emplearse un material granular grueso, limpio, del tipo "estabilizado", cuya curva granulométrica deberá estar dentro del siguiente rango:

Tabla 32: Granulometría de material para relleno bajo pavimentos y radieres.

MALLA ASTM	PESO PASANTE (%)
2’’	100
1’’	55 - 100
3/8’’	40 - 70
N°4	35 - 65
N°10	20 - 50
N°40	10 - 30
N°200	0 - 15

También es posible emplear material integral de río o estero limitando el tamaño máximo a 4” y que el contenido de finos bajo la malla Nº 200 sea inferior a 10%.

El material seleccionado deberá ser aprobado previamente por la inspección técnica y mecánico de suelos, y deberá ser respaldado con ensayes de pertinentes, emitidos por un laboratorio certificado INN.

Los ensayos mínimos por realizar deberán ser los siguientes:

- ✓ Granulometría
- ✓ Límites de consistencia
- ✓ Clasificación de suelos
- ✓ Densidad de partículas sólidas
- ✓ Humedad natural
- ✓ Proctor modificado o Densidad Relativa

La cantidad de ensayos es variable y puede incrementar en función de la calidad del suelo, la geología, los antecedentes sísmicos y la importancia de la estructura. Todo lo anterior, esta especificado en la norma NCh 1508 Of. 2014.

El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y según el contenido de fino se tendrá que proceder de la siguiente forma:

- ✓ En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea mayor al 12%, deberá humedecerse homogéneamente hasta lograr el valor óptimo del ensayo Proctor Modificado con una variación máxima de ±2% y luego compactarlo hasta alcanzar una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. del ensayo de Proctor Modificado.
- ✓ En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea menor al 12%, el material tendrá que ser compactado hasta lograr una Densidad Relativa del 80%.

El espesor de las capas será establecido de forma tal que pueda lograrse la densidad especificada en todo su espesor con el equipo de compactación que se utilizará, en todo caso éste no podrá ser superior a 25cm.

El avance deberá ser parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50 m entre sectores contiguos.

Cada capa deberá ser aprobada por la ITO y no podrá ser recubierta antes que se dé por aceptada la densidad

Inicialmente, los controles de densidad se realizarán por lo menos cada 50m² por capa, comprobada la eficacia del operador y el procedimiento, podrán extenderse a 100m² por capa y, finalmente hasta 300m² por capa.

Los controles de densidades se deberán efectuar por un laboratorio especializado de reconocida calidad, que cuente con la aprobación previa de la ITO.

Una vez terminada la compactación y perfilado de la base, según perfiles longitudinales y transversales del proyecto de topografía o de arquitectura, la superficie deberá presentar un aspecto uniforme y sin variaciones de cota mayores que +0,0 cm y -1,0 cm para el material de relleno. Si se detectan a un nivel inferior a la tolerancia, estas deberán escarificarse en un espesor mínimo de 10 (cm) para a continuación agregar material, regar, recompactar y dar terminación a la superficie.

De los valores definidos se debe esperar el cumplimiento de los siguientes parámetros geotécnicos definidos para el material de relleno estructural controlado.

14.5 RELLENOS PARA PAVIMENTOS VEHICULARES

Los terraplenes y ensanches existentes deberán construirse con material denominado "Terreno de Cualquier Naturaleza", según su definición en el Numeral 5.201.304(7) de la Sección 5.201, Excavación General Abierta. Los suelos deberán ser inorgánicos, libres de materia vegetal, escombros, basuras, materiales congelados, terrones, trozos de roca o bolones degradables o deleznables o trozos cementados de tamaño superior al especificado. Salvo indicación contraria en el Proyecto, los materiales a emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes deberán tener un poder de soporte no inferior a 10% CBR, determinado según el Método que se establece en 8.102.11 del MC-V8, y medido al 95% de la D.M.C.S. según el Método que se señala en 8.102.7 del MC-V8. El tamaño máximo del material será de 150 mm, aceptándose una tolerancia de 5% en peso entre 150 mm y 200 mm. En zonas donde la precipitación media anual sea inferior a 50 mm, el poder de soporte se determinará sin inmersión.

Si el material del terraplén es de origen fluvial, corte en roca o material de marina, debe tener una buena graduación, controlada mediante los coeficientes de curvatura y de uniformidad de la curva granulométrica, es decir, debe cumplir con lo siguiente:

$$CU > 4 \text{ y } 1 < CC < 3$$

Donde:

- ✓ CU = Coeficiente de uniformidad: CU= D60/D10
- ✓ CC = Coeficiente de curvatura: CC = D30/(D60∗D10)

En que D10, D30, D60: representa el diámetro de la abertura del tamiz por el cual pasa 10%, 30%, 60% en peso del material considerado, respectivamente.

Asimismo, los 0,30 m superiores del coronamiento de los terraplenes, deberán construirse con suelos que se denominan "material de subrasante", cuyo poder de soporte no deberá ser inferior a 20% CBR, medido en las mismas condiciones estipuladas para el cuerpo del terraplén; el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

14.6 RELLENOS DE CONFINAMIENTO

Los rellenos en torno a estructuras de hormigón no se deberán colocar antes que el hormigón tenga catorce días de edad o haya alcanzado un 80% de la resistencia de diseño. Plazos menores deberán ser autorizados por la I.T.O. Los rellenos no se podrán colocar hasta que los hormigones hayan sido inspeccionados y aprobados por la I.T.O.

El relleno se deberá colocar cuidadosamente de manera de no dañar el hormigón y no se podrán colocar fragmentos de roca mayores de 15 cm a una distancia menor de 1 m de la superficie de hormigón expuesta.

Los moldajes, puntales y sostenimientos que sobresalgan del terreno deberán extraerse antes de colocar los relleno.

14.7 AGRESIVIDAD DEL TERRENO Y AL HORMIGÓN

En la NCh 170 Of. 2016 – Requisitos Generales se hace referencia a los grados de exposición a los que pueden estar los hormigones por sulfatos, según su porcentaje en peso, clasificándolos en grados.

En los ensayos de laboratorio hemos obtenido un contenido medio en sulfatos del 0,194%. Este valor junto a las características climatológicas y ambientales definen según la NCh430 un escenario con condiciones ambientales normales. A continuación, se procede a clasificar la agresividad al hormigón por medio de la siguiente tabla.

Tabla 33*:* Clasificación de la exposición del hormigón por sulfatos, Nch170

GRADO DE EXPOSICIÓN POR SULFATOS				
GRADO	**S0**	**S1**	**S2**	**S3**
	No agresivo	**Moderada**	**Severa**	**Muy severa**
Contenido máximo SO_4 soluble en suelo (% en masa)	<0,1	**0,1 a 0,2**	0,2 a 2,0	>2,0
Contenido máximo SO_4 disuelto en agua (ppm)	<150	150 a 1500	1500 a 10000	>10000

Según el resultado obtenido en laboratorio, la siguiente tabla detalla los requisitos mínimos que deben cumplir los hormigones que especifica la normativa vigente:

Tabla 34:Requisitos del cemento y hormigón según el grado de exposición, Nch170

GRADO DE EXPOSICIÓN	REQUISITOS DEL CEMENTO*		REQUISITOS DEL HORMIGÓN		
	% de expansión según ASTM C 1012	**Contenido en C_3A en el cemento, %**	**Mínimo de grado de resistencia especificada**	**Dosis mínima de cemento, Kg/m3**	**Profundidad de penetración de agua según Nch2262, mm**
S0	Sin restricción	Sin restricción	G17	-	-
S1	**0,1 a 6 meses**	**≤ 8**	**G25**	**320**	**≤ 40**
S2	0,05 a 6 meses**	≤ 6	G30	340	≤ 30
S3	0,05 a 6 meses**	≤ 5	G35	360	≤ 20

***el cemento utilizado debe cumplir con al menos uno de los dos requisitos indicados según el grado de exposición**

**** En caso de que el cemento no cumpla el requisito de expansión de 6 meses, se puede utilizar siempre que la expansión no sea mayor que 0,10% en un año.**

Recubrimiento de armadura en las cimentaciones

La norma NCh 430 *Hormigón amado – Requisitos de diseño y cálculo* forma la parte principal de la descripción de los criterios de diseño y cálculo, pero debe ser usada en conjunto con el código ACI 318-14.

En primer lugar, en la NCh430 se recomienda un recubrimiento libre mínimo de hormigón de 50 mm según se muestra en la tabla para hormigones colocados contra el suelo, expuestos a él y en condiciones moderadas.

Tabla 35: Recubrimiento libre mínimo para hormigones vaciados en obra expuestos a sulfatos.

GRADO DE EXPOSICIÓN	RECUBRIMIENTO LIBRE MÍNIMO (mm)	
	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES SEVERAS
Hormigón colocado contra el suelo y permanentemente expuesto a él	**50**	70
Hormigón expuesto al suelo o al aire libre: Barras $\emptyset$ 18 *a* $\emptyset$ 56 Barras $\emptyset$ 16 y diámetros menores	 40 30	 50 40
Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo: Barras $\emptyset$ 44 *a* $\emptyset$ 56 Barras $\emptyset$ 16 *a* $\emptyset$ 36 Barras $\emptyset$ 12 *y menores* Vigas, columnas: Armadura principal Amarras, estribos, zunchos Cáscaras y placas plegadas: Barras $\emptyset$ 18 *y mayores* Barras $\emptyset$ 16, *alambres de 16 mm de diámetro y menores*	 40 20 15 30 20 20 15	 40 20 15 40 30 20 15
Elementos de confinamiento en albañilería: Armadura principal $\emptyset$ 18 *y menores* Amarras, estribos, zunchos $\emptyset$ 8 *y menores*	 20 15	 30 20

Tabla 36: Recubrimiento libre mínimo para hormigones prefabricados expuestos a sulfatos.

GRADO DE EXPOSICIÓN	RECUBRIMIENTO LIBRE MÍNIMO (mm)	
	CONDICIONES NORMALES	CONDICIONES SEVERAS
Hormigón expuesto al suelo o al aire libre		
Paneles para muros:		
Barras $\emptyset$ 44 *a* $\emptyset$ 56	**40**	40
Barras $\emptyset$ 36 *y menores*	**20**	20
Otros elementos		
Barras $\emptyset$ 44 *a* $\emptyset$ 56	**50**	50
Barras $\emptyset$ 18 *a* $\emptyset$ 36	**30**	40
Barras $\emptyset$ 16, *alambres de 16 mm de diámetro y menores*	**20**	30
Hormigón no expuesto a la acción del aire libre ni en contacto con el suelo:		
Losas, muros, nervaduras:	30	30
Barras $\emptyset$ 44 *a* $\emptyset$ 56 y tendones de pretensado $\emptyset > 44$	20	20
Tendones de pretensado $\emptyset 40$ y menores	15	15
Barras $\emptyset$ 36 y menores		
Vigas, columnas:	d_b	d_b
Armadura principal	15	15
Pero no menor que	40	40
Y no mayor que	10	10
Amarras, estribos y zunchos		
Cáscaras y placas plegadas:		
Tendones de pretensado	20	20
Barras $\emptyset$ 18 *y mayores*	15	15
Barras $\emptyset$ 16, *alambres de 16 mm de diámetro y menores*	10	10

14.8 APROVECHAMIENTO DE LAS UG IDENTIFICADAS.

Según el tipo de material apreciado en el muestreo del sitio, la UG1 y UG2 podrán ser excavadas en un hipotético movimiento de tierras, la siguiente tabla refleja el posible uso que se le puede dar a las UG encontradas según el CBR de cada tipo de suelo

Tabla 37: Uso de suelos para sub-rasante, sub-base o base según CBR.

UG	CBR MEDIO (%)	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA	USO
2	35	Buena	Sub - base

Tabla 38: Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR. Fuente Assis A., 1988.

CBR	CLASIFICACIÓN CUALITATIVA DEL SUELO	USO
2 - 5	Muy mala	Sub - rasante
5 - 8	Mala	Sub - rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub - rasante
20 - 30	Excelente	Sub - rasante
30 - 60	Buena	Sub - base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

De no utilizar los materiales mencionados en obra se recomienda que el material extraído sea transportado a un botadero autorizado y los rellenos se realicen con materiales seleccionados según los requerimientos citados en acápite de rellenos bajo pavimentos y radieres.

14.9 APROVECHAMIENTO DE LAS UG RECONOCIDAS

Se distinguen los siguientes tipos de rellenos:

- ✓ **Relleno estructural**

El uso de este tipo de relleno será aplicable en los casos que se deba reemplazar el material existente con el fin de lograr una mejora del terreno y/o superficie donde se deban apoyar estructuras (fundaciones y/o losas de fundaciones).

- ✓ **Relleno bajo radier y pavimento**

La ejecución de este relleno será viable para los casos en los cuales se requiera diseñar un radier o losa, libre de cargas estructurales, ya sea estacionamientos y/o radieres en los cuales se dispongan para cualquier uso no estructural.

- ✓ **Relleno para vialidad**

Se deberá disponer de este tipo de relleno en los cuyos casos que se diseñe el acceso de vehículos tanto livianos como pesados, además cabe mencionar que, para el diseño de este tipo de relleno, deberán considerarse los parámetros de diseño establecidos por el manual de carreteras.

- ✓ **Relleno masivo**

Para la ejecución de las obras en las cuales se requieran realizar cortes y terraplenes, estos podrán ser ejecutados, con material estructural y/o materiales extraídos en faenas de excavación del proyecto, teniendo en cuenta los parámetros de estos materiales, los cuales cumplan con el diseño del proyecto.

Aprovechamiento de la UG1 para plataforma no estructural

De las UG reconocidas, en un eventual retiro de la UG1 esta podrá aprovecharse para la terraza de nivelación siempre y cuando cumpla con los siguientes requisitos:

- ✓ El relleno esté libre de materia orgánica y desperdicios.
- ✓ Ninguna estructura se apoye en dicho relleno.
- ✓ No forme parte del relleno estructural de las fundaciones.

Aprovechamiento de la UG2

En un eventual retiro de la UG2 esta podrá aprovecharse para la terraza de nivelación, relleno masivo y subrasante de caminos, siempre y cuando se cumpla con lo expuesto en el Capítulo 14.8.

Las fuentes son según el MINVU (código de normas y Especificaciones Técnicas de obras de pavimentación, 2008) y Manual de Carreteras Chile (2019).

Los materiales a utilizar deberán de cumplir una serie de requisitos, siendo el más importante que el material este ensayado y cumpla con los parámetros dispuestos, es decir se le deberán realizar los siguientes ensayos según el tipo de relleno.

Tabla 39: Ensayos a realizar según el uso del relleno.

RELLENOS	PAVIMENTOS RADIERES	ESTRUCTURALES	VIALES	MASIVOS
Granulometría	✓	✓	✓	✓
Límites de consistencia	✓	✓	✓	✓
Clasificación de suelos	✓	✓	✓	✓
Densidad de partículas solidas	-	✓	-	✓
Humedad natural	-	✓	-	✓
Proctor Modificado o Densidad Relativa	✓	✓	✓	✓
CBR	✓	✓	✓	✓
Desgaste Los Ángeles	-	-	✓	-
Equivalente de Arena	-	-	✓	-

El criterio para poder decidir entre realizar un ensayo Proctor Modificado o Densidad Relativa será que el contenido de material fino (que pasa por malla N°200) si es mayor o igual a un 12%, se ejecutará el ensayo Proctor Modificado, en caso contrario a que sea menor a un 12%, se deberá realizar el ensayo de Densidad Relativa.

Las fuentes son según el MINVU (código de normas y Especificaciones Técnicas de obras de pavimentación, 2008) y Manual de Carreteras Chile (2019).

Los rellenos mencionados deberán cumplir con una serie de requisitos los cuales los agrupa de la siguiente manera.

Tabla 40: Especificaciones granulométricas y de compacidad de los rellenos según su uso.

RELLENOS	PAVIMENTOS RADIERES	ESTRUCTURALES	VIALES (*)		MASIVOS
Tamiz	% en Peso				
3"	-	100	-	-	Material extraído de las faenas de excavación.
2 1/2"	-	-	-	-	
2"	100	-	100	-	
1 1/2"	-	-	75 - 100	100	
1"	55 - 100	70 - 100	55 - 85	90 - 100	
3/4"	-	-	-	-	
3/8"	40 - 70	-	40 - 70	45 - 75	
N°4	35 - 65	-	-	-	
N°10	20 - 50	20 -100	20 - 50	20 - 50	
N°40	10 - 30	10 - 60	10 - 30	10 - 30	
N°200	0 - 15	0 -10	5 - 15	5 - 15	
Límite Liquido	-	-	< 25	< 25	
Índice de Plasticidad	-	NP	< 6	< 6	
Sales solubles	<4	NP	<4	<4	
CBR	> 50	> 50	> 50 (Rígidos) - > 80 (Flexibles)**		Según diseño
Proctor Modificado	95	95	95		95
Densidad Relativa	80	80	80		80
Desgaste Los Ángeles	-	-	< 50		-

(*) Estos materiales son los más utilizados comúnmente.

(**) Estos requisitos corresponden a valores promedio y podrían variar significativamente dependiendo del análisis de ejes equivalentes y la resistencia final requerida.

Como se muestra en la tabla anterior los materiales se rigen por un control de densidades y resistencia (CBR) la cual deben cumplir.

Cabe mencionar que para el control de las densidades de los materiales puestos en obra estos deberán cumplir además con la humedad del material, está dada por el ensayo Proctor Modificado, el cual nos entrega un a humedad optima de compactación. Al momento de medir esta densidad, su humedad no podrá variar en un rango de ±2% de lo indicado por el certificado del ensayo, emitido por un laboratorio de ensayo de materiales acreditado por el INN.

La ejecución de las faenas de rellenos se deberá realizar por capas, las cuales deberán estar establecidas en el diseño del proyecto, teniendo en cuenta además del espesor de estas, recomendando que no sean mayores a 25 cm. Su compactación deberá ejecutarse considerando la clasificación AASHTO del material, y esta deberá ser de forma pareja, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0,50 m entre sectores contiguos.

Según el tipo de material apreciado en el muestreo del sitio, el uso que se podrá dar se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 41: Uso de las UG según sus parámetros físicos.

UG	Pavimentos Radieres	Estructurales	Viales (*)	Masivos
1	No apto	No apto	No apto	Apto
2	No apto	No apto	Sub-rasante	Apto

*Su uso es posible siempre y cuando cumpla con la banda granulométrica e IP establecidos en la normativa.

14.10 TRATAMIENTO DE SELLOS DE FUNDACIÓN

Todos los sellos de excavación en suelos naturales (no cementados) o rellenos, deberán ser compactados hasta alcanzar una compacidad mínima equivalente al 95% del ensayo Proctor Modificado. En especial deberá considerarse este tratamiento para el nivel de sello de fundación en el que se detecte suelo de baja compacidad o alterado por el proceso de excavación.

En los otros sectores de estructuras no sensibles a asentamientos diferenciales, el tratamiento del terreno de fundación consistirá en una pasada de un rodillo liso vibratorio de mínimo 10 ton, con un mínimo de 4 pasadas por punto (planchado de la superficie).

Para fundaciones emplazadas en arena suelta o arcilla, se debe realizar un mejoramiento de suelo, compactando con rodillo al 95% Proctor y agregando una capa o colchón de grava al sello de fundación de un espesor de 0,5 m.

14.11 IMPERMEABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE, DRENAJES

Con el fin de que no ingrese agua proveniente del drenaje de terrenos adyacentes durante periodos de lluvia, será necesario construir en superficie un pavimento con un sobre ancho adecuado; para dicho efecto, se recomienda un mínimo de 1,0 m por lado. Este pavimento deberá tener una pendiente adecuada que drene a una red de alcantarillado o drenaje perimetral.

Será necesario impermeabilizar zanjas y cámaras mediante instalaciones por medio de láminas de HDPE. Esto es válido tanto para redes de agua potable como alcantarillado.

Se requiere:

- ✓ Ejecutar instalaciones tradicionales insertadas en zanjas y cámaras.
- ✓ Impermeabilizar dichas zanjas con una lámina de HDPE de color negro de 10 mm de espesor e instalada sobre 10 cm de cama de arena.

Por la presencia de sales solubles, para evitar cualquier asentamiento por disolución de sales se deberá evitar flujos permanentes de agua hacia el suelo de fundación, instalando sistemas de drenaje de las aguas provenientes de los procesos o lluvia y, asegurando el sellado de tuberías y receptores de agua dentro y cerca de la estructura. Asimismo, se debe utilizar una geomembrana impermeable con el fin de evitar las filtraciones hacia los suelos de fundación que puedan diluir estas sales. Se efectuará un impermeabilizado total del agua potable y del alcantarillado, siguiendo los requisitos técnicos especificados en la norma NCh3394 2016 *Suelo salino – Requisitos geotécnicos y de instalaciones sanitarias*.

Los drenajes provisorios deberán construirse fuera del área que ocupan las obras permanentes y deberán estar provistos de todos los elementos necesarios para impedir el arrastre de partículas del suelo, para lo cual, se deberán utilizar filtros o telas tipo geotextil de diseños apropiados.

15 CONCLUSIONES

En cuanto las fundaciones se resumen como sigue:

- **La fundación para la SE podrá ser resulta mediante zapatas o losas. Las fundaciones deberán ser apoyadas a una profundidad de 0,8 m respecto a la rasante actual del terreno y siempre empotradas en la UG2.**
- **Si por diseño se necesita una carga superior a las estipuladas anteriormente, puede ser obtenida mediante el uso de relleno granular como sello de fundación de espesor variable dependiente de las características del proyecto. Este relleno debe tener las características granulométricas necesarias para ser considerado suelo de mejoramiento estructural y, su efecto debe estar respaldado con un nuevo estudio de capacidad de soporte y asentamientos.**
- **En el caso que las fundaciones tengan apoyo mixto, por lo que se recomienda utilizar vigas cadena para evitar asientos diferenciales.**
- **Se deberá prestar especial atención a la impermeabilización del suelo cercano a las fundaciones para evitar la ocurrencia de asentamientos por disolución de sales. Este fenómeno produce importantes cambios de volumen, reflejado en una disminución de la altura del sello de fundación y por consiguiente el descenso de la estructura.**

Se recomienda que, de comprobarse durante la excavación la no concordancia en alguna zona con el modelo geotécnico previsto o con las premisas e hipótesis de cálculo, deberá ponerse inmediatamente en conocimiento del equipo técnico que suscribe, con objeto de estudiar detalladamente el caso y completar la prospección si ello fuera necesario. Se aconseja que en el momento de realizar las fundaciones se presencie un técnico competente que asegure que el apoyo se está realizando sobre las UG calculadas, teniendo especial atención que ninguna estructura apoye sobre la UG1.

Por último, resaltar que este informe únicamente recomienda fundaciones en función de las características genéticas de los materiales, de la capacidad portante de éstos, del contexto geológico de la zona de análisis **y del tipo y número de ensayos realizados**. En cualquier caso, el modelo y dimensionamiento final de las fundaciones, así como las medidas adoptadas en el diseño deberán ser determinadas en el Proyecto Final de Construcción según el criterio del Técnico Competente.

Este informe, o las secciones del mismo, no se deben usar como parte de una especificación para un proyecto, sin revisión y acuerdo por parte de GCH. Esto se debe a que **este informe se ha escrito a modo de recomendaciones y en ningún caso son instrucciones de obligado cumplimiento para la construcción**.

El presente informe se compone de 67 páginas numeradas consecutivamente y 14 anexos sin numerar.

Misael Carrillo

Ingeniero Civil

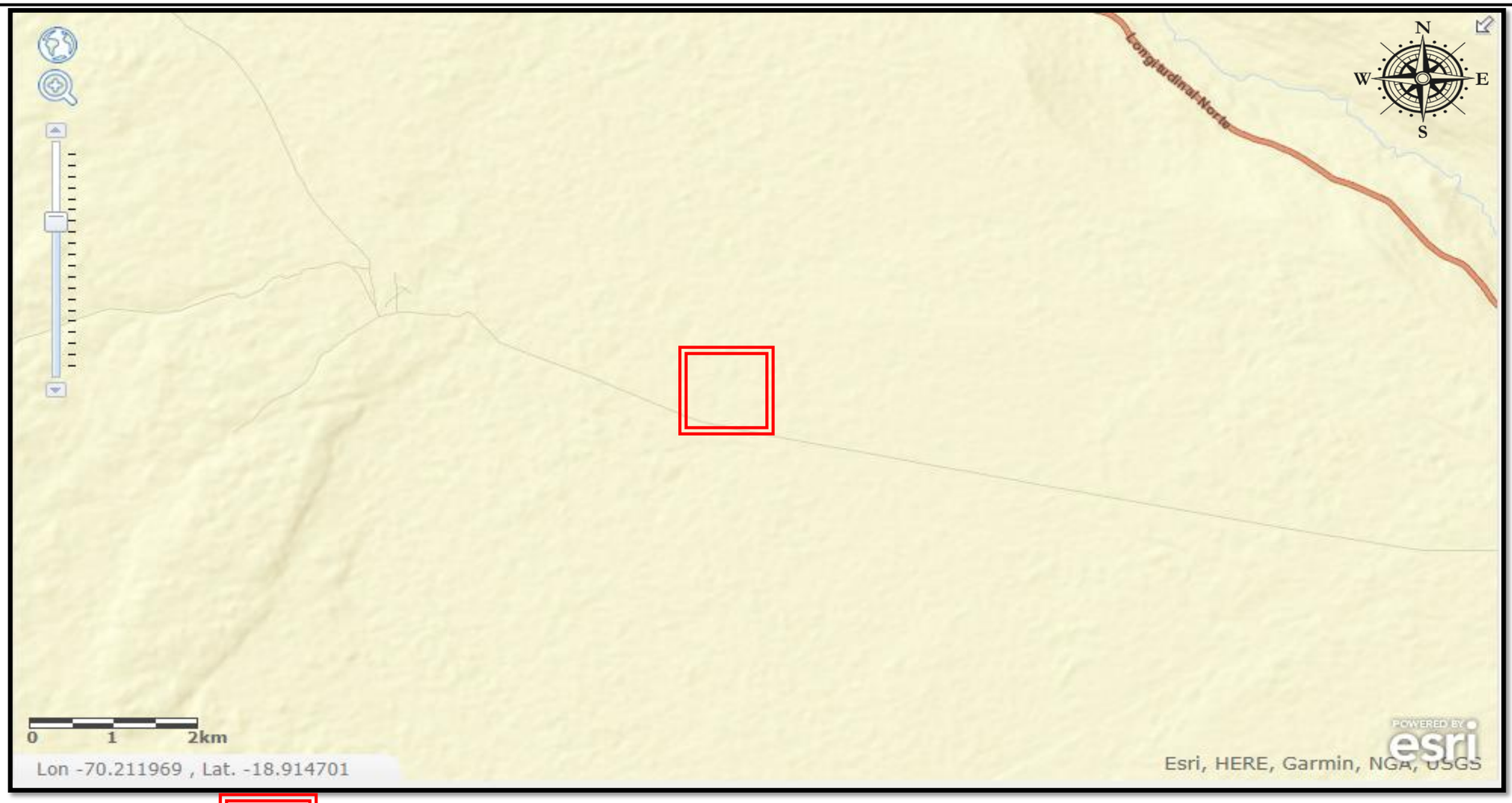
Ricardo Hernández

M. Sc. Ingeniería geológica y geotecnia

ANEXOS

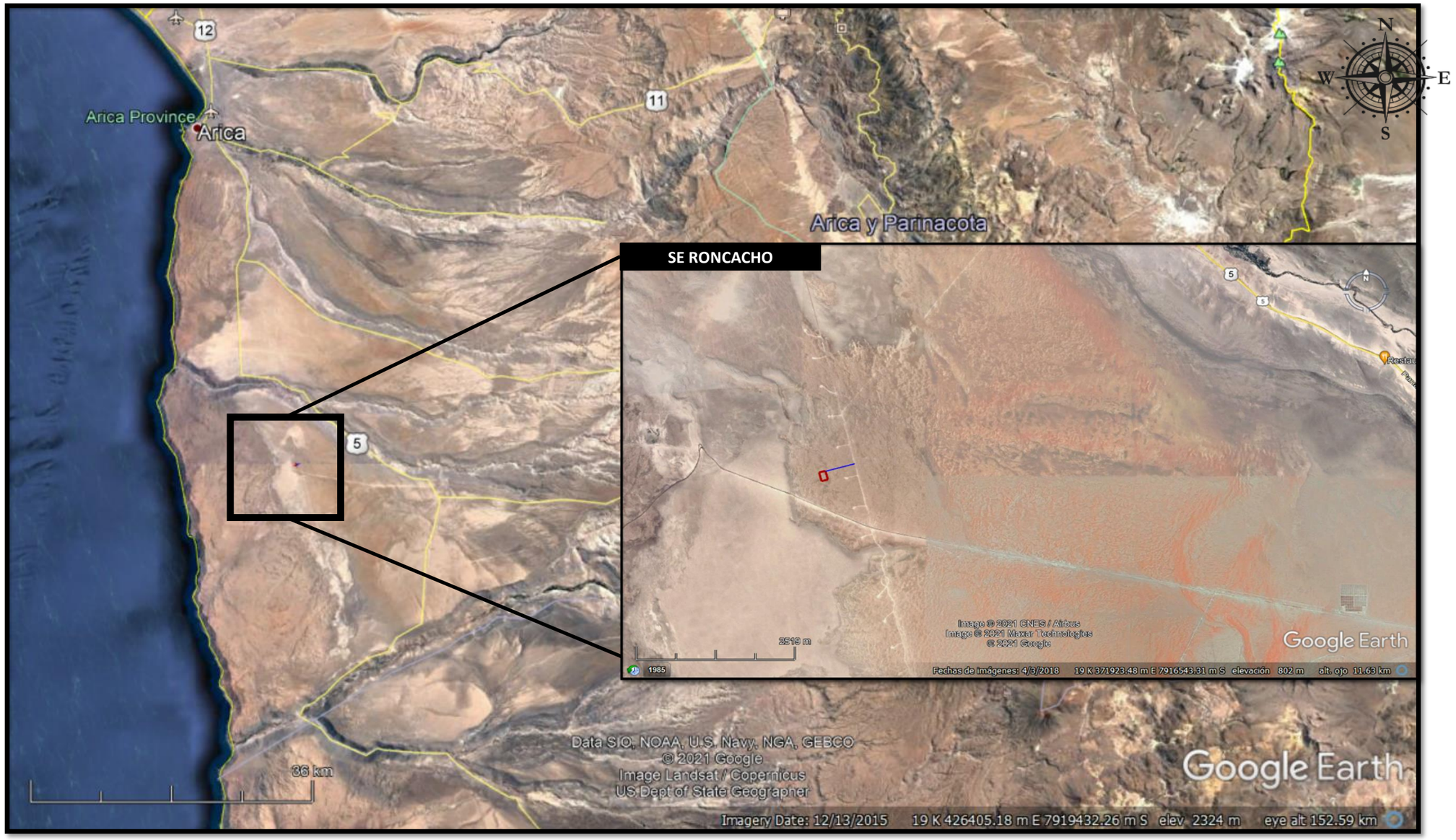
ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Volver al texto

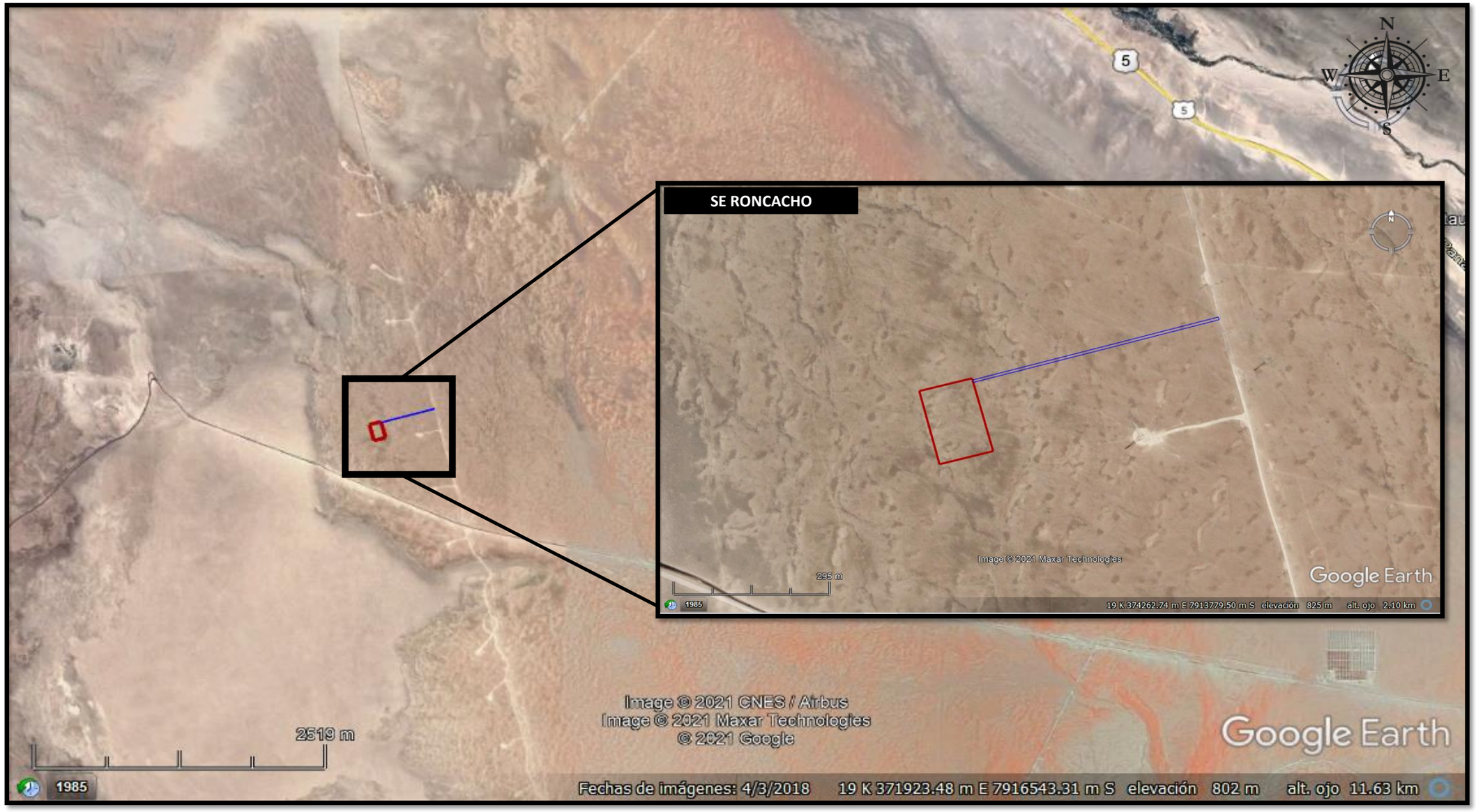


UBICACIÓN:

AUTOR	**PETICIONARIO**	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO**	**MAPA DE UBICACIÓN REGIONAL**
			HMV	
			ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	



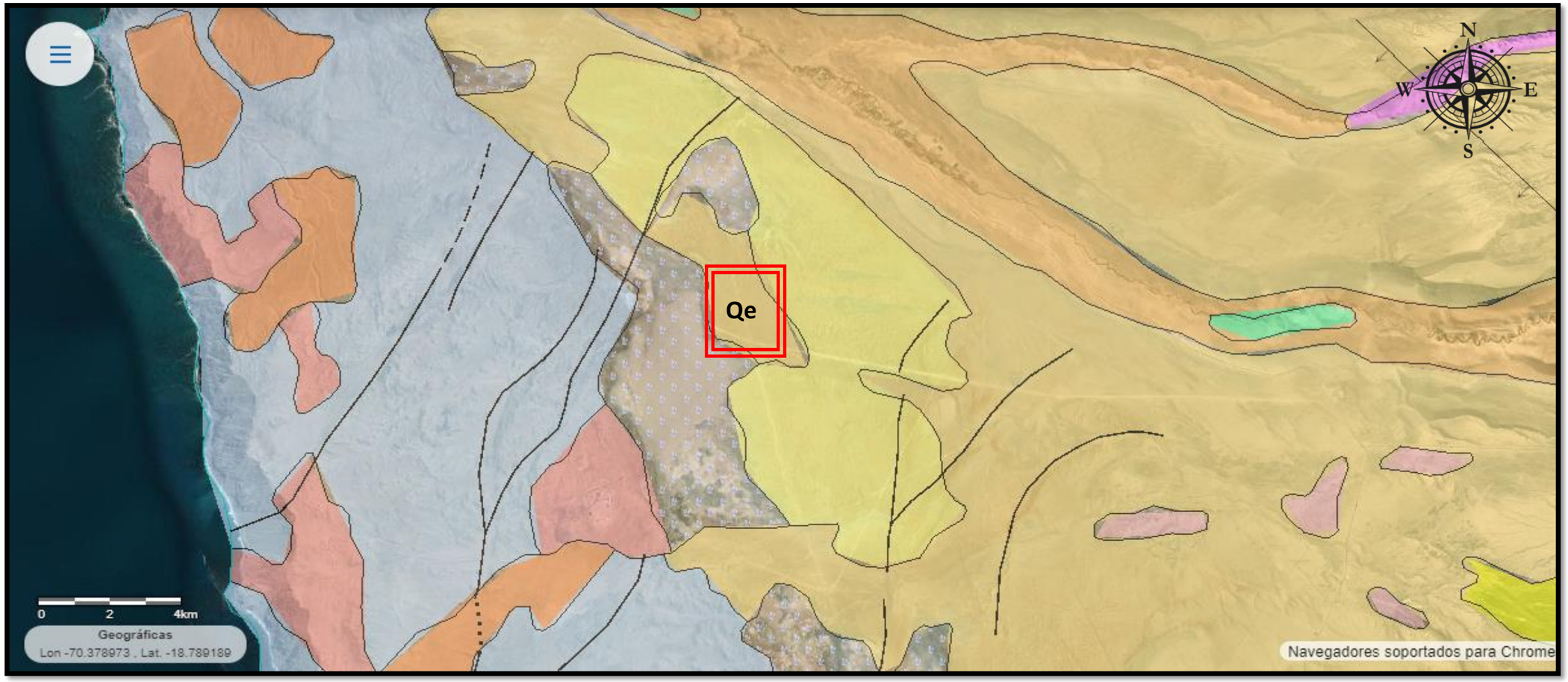
AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO** **HMV** **ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.**	**VISTA AÉREA REGIONAL**



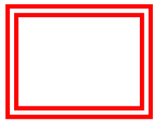
AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO**	**VISTA AÉREA REGIONAL**
			HMV	
			ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	

ANEXO 2: GEOLOGÍA

Volver al texto



UBICACIÓN:

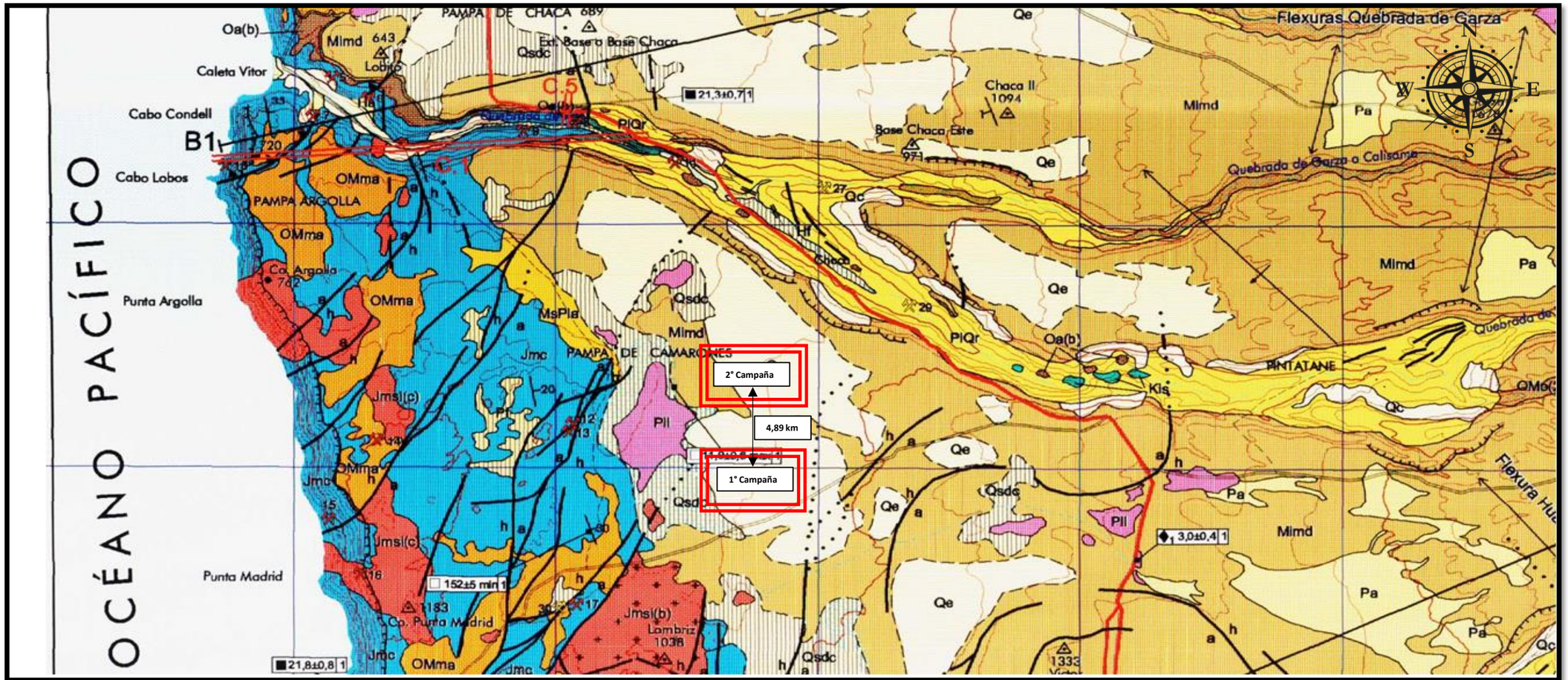


Mapa geológico 1:1.000.000;
SERNAGEOMIN, 2003.

LEYENDA:

Qe
Pleistoceno-Holoceno
Depósitos eólicos: arenas finas a medias con intercalaciones bioclásticas en dunas y barjanes tanto activos como inactivos. En las regiones I a VII: dunas de Santo Domingo y Quivolgo.

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO**	**MAPA GEOLÓGICO**
			HMV	
			ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	



UBICACIÓN:

Mapa geológico 1:1.000.000;
SERNAGEOMIN, 2003.

LEYENDA:

Qe — **Depósitos eólicos** (Cuaternario)
Arenas semiconsolidadas.

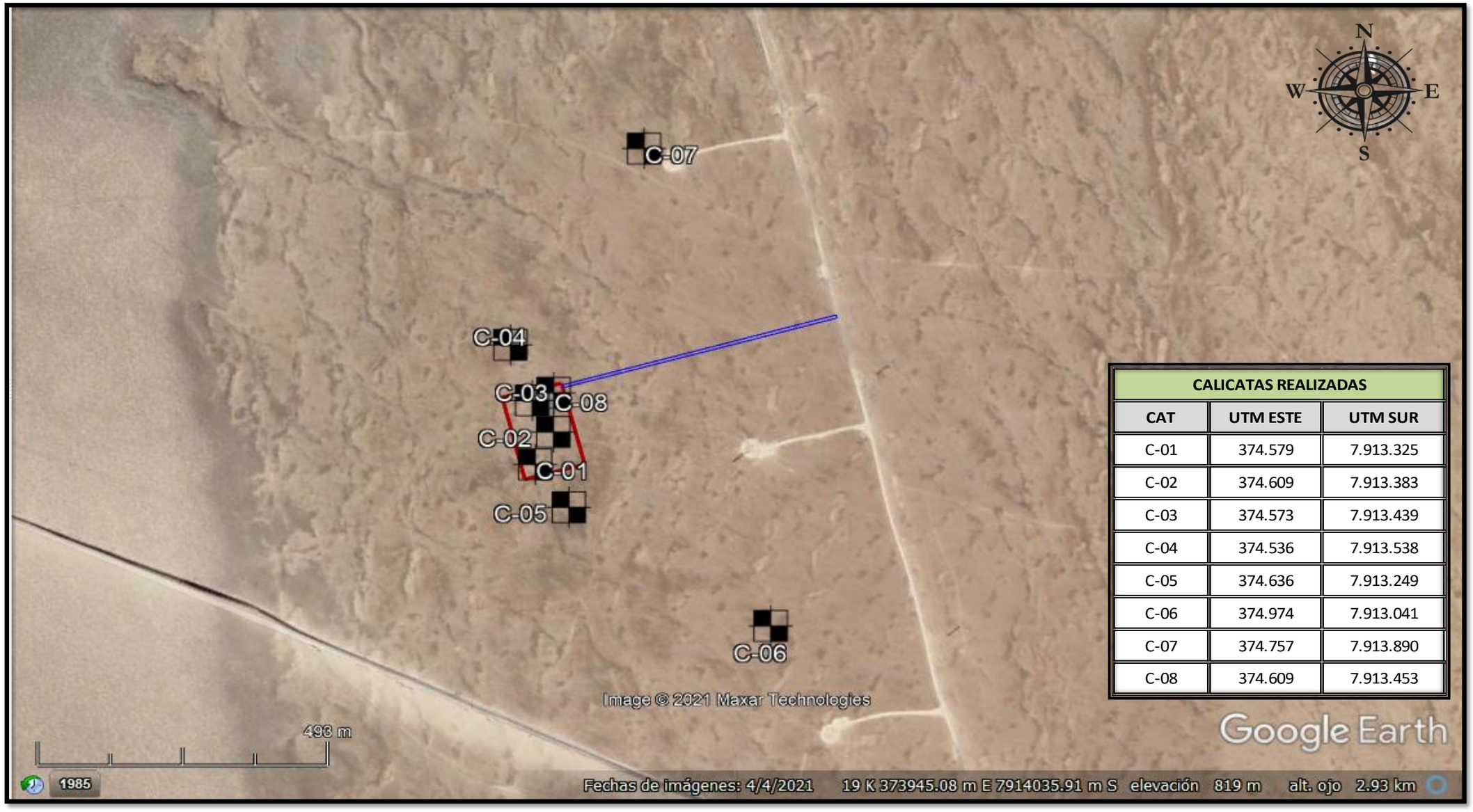
Qsdc — **Depósitos salinos de la Depresión Central** (Cuaternario)
Principalmente sulfatos y cloruros.

Mimd — **Formación El Diablo** (Mioceno Inferior-Mioceno Superior bajo)
Secuencia sedimentaria fluvial y lacustre, constituida por areniscas, calizas, limolitas y gravas.

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO** **HMV** **ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.**	**MAPA GEOLÓGICO LOCAL**

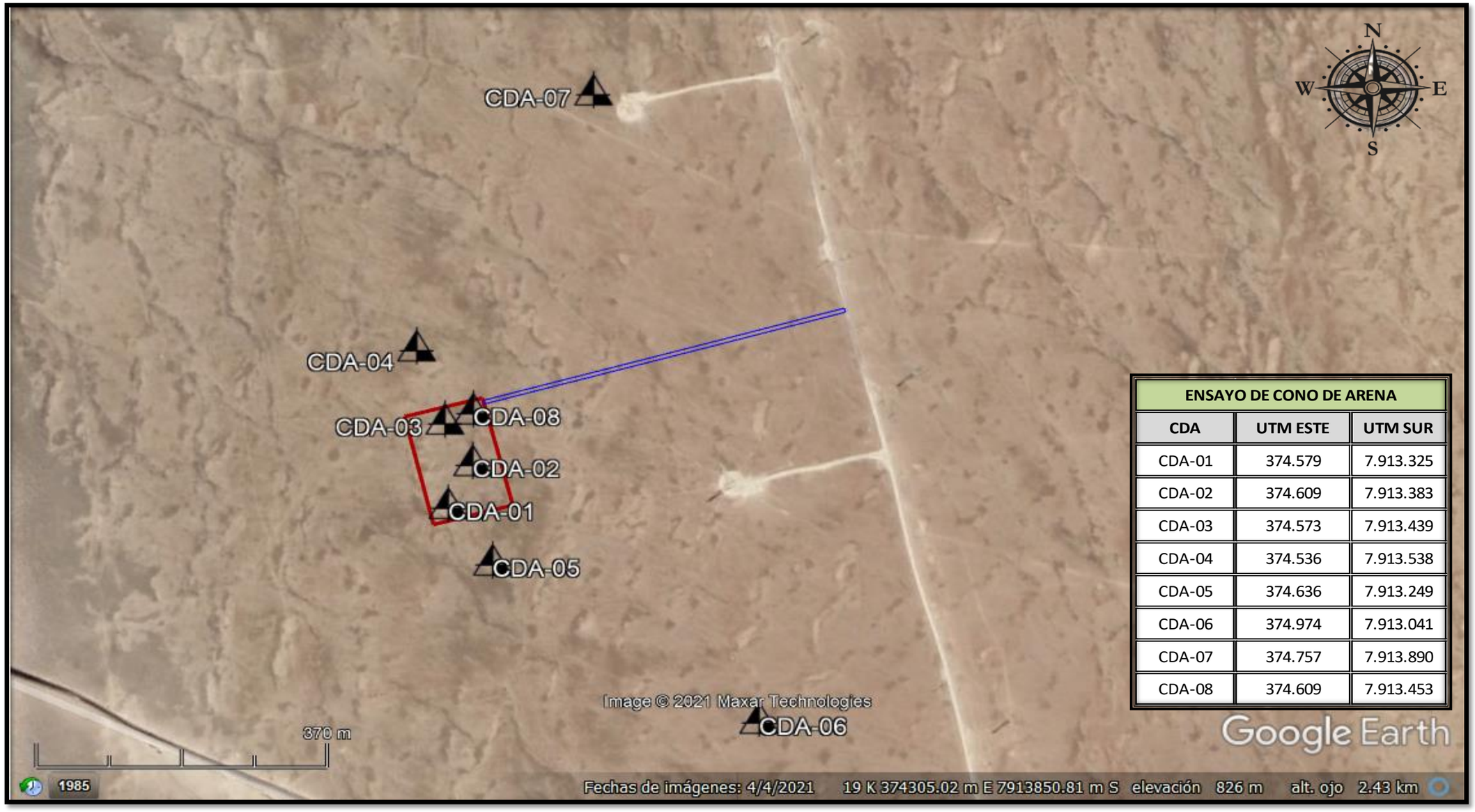
ANEXO 3: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Volver al texto



CALICATAS REALIZADAS		
CAT	UTM ESTE	UTM SUR
C-01	374.579	7.913.325
C-02	374.609	7.913.383
C-03	374.573	7.913.439
C-04	374.536	7.913.538
C-05	374.636	7.913.249
C-06	374.974	7.913.041
C-07	374.757	7.913.890
C-08	374.609	7.913.453

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO**	**ENSACALICATAS REALIZADAS**
			HMV	
			ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	



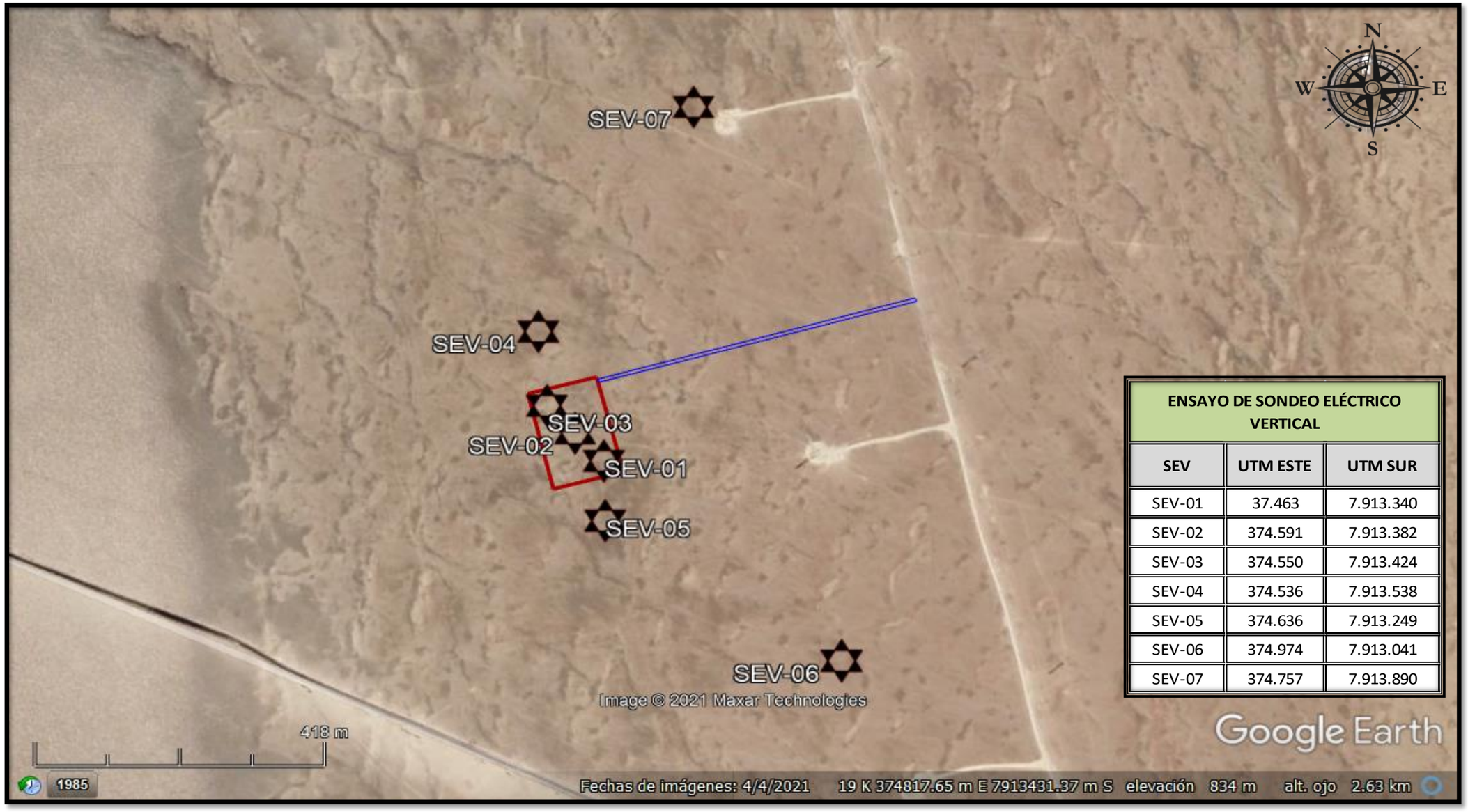
ENSAYO DE CONO DE ARENA		
CDA	UTM ESTE	UTM SUR
CDA-01	374.579	7.913.325
CDA-02	374.609	7.913.383
CDA-03	374.573	7.913.439
CDA-04	374.536	7.913.538
CDA-05	374.636	7.913.249
CDA-06	374.974	7.913.041
CDA-07	374.757	7.913.890
CDA-08	374.609	7.913.453

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO**	**ENSAYO DE CONO DE ARENA**
			HMV	
			ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	



ENSAYO DE INFILTRACIÓN IN SITU MÉTODO DE ABSORCIÓN		
ABS	UTM ESTE	UTM SUR
ABS-01	374.609	7.913.383

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	SE RONCACHO HMV ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.	ENSAYO DE INFILTRACIÓN IN SITU MÉTODO DE ABSORCIÓN



ENSAYO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL		
SEV	UTM ESTE	UTM SUR
SEV-01	37.463	7.913.340
SEV-02	374.591	7.913.382
SEV-03	374.550	7.913.424
SEV-04	374.536	7.913.538
SEV-05	374.636	7.913.249
SEV-06	374.974	7.913.041
SEV-07	374.757	7.913.890

AUTOR	PETICIONARIO			
GCH Geotecnia Chile	HMV INGENIEROS	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**SE RONCACHO** **HMV** **ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA.**	**ENSAYO DE SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL**

ANEXO 4: ACTAS DE LAS CALICATAS.

Volver al texto 4.1.1 Calicatas

Volver al texto 5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS

Volver al texto 9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-01**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.579**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.325		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	PORCHET							
0,0 – 0,3	Arena limosa (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico (Qe).	-	-	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de material	Seco	-	Suelta	Bajo esta unidad se encuentra arenas fuertemente cementadas (costra salina).
0,3 – 2,0	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-01
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.579	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.325		







PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-01
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.579	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.325			

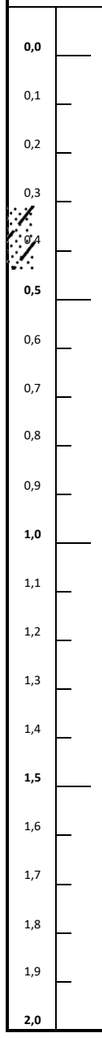




PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-01
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.579	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.325			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-02**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.609**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**
	N: 7.913.383		



DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Absorción	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
Arena limosa con algo de gravas muy cementada de color pardo claro, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM-SP. Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).	-	-	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Firme	Los primeros 0.20 m corresponden a arena limosa suelta (chusca)
Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-02
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.383		







PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-02
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609 N: 7.913.383	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	

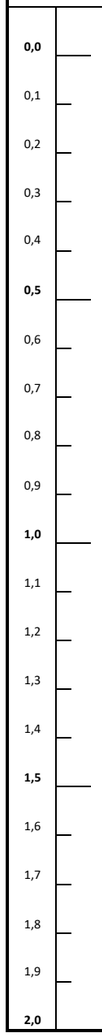




PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-02
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.383			



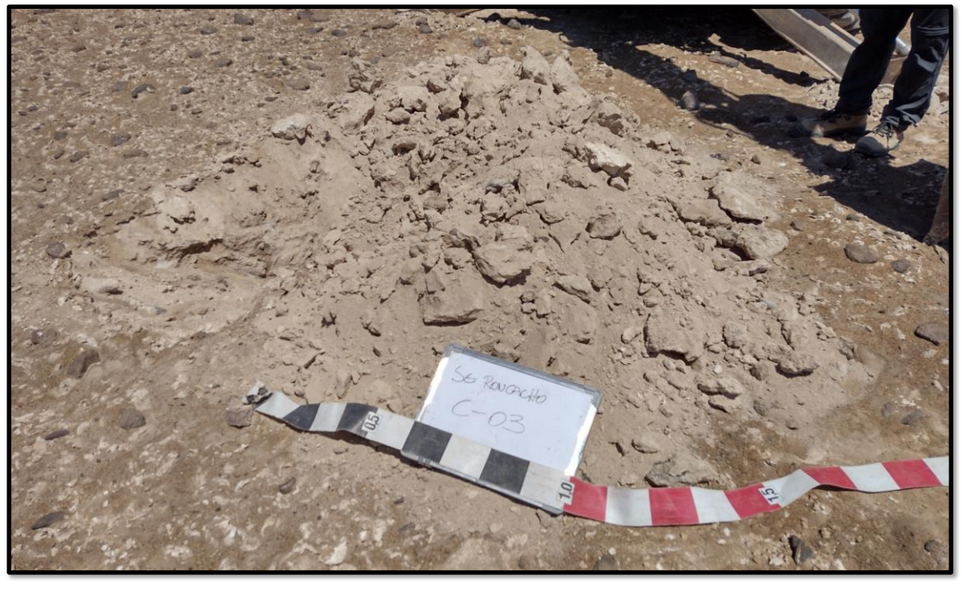
PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-03**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.573**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.439		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		



Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Absorción	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,1	Arena limosa con algo de gravas muy cementada de color pardo claro, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM-SP. Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).	-	-	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Firme	Los primeros 0.10 m corresponden a arena limosa suelta (chusca).Depósitos eólicos (Qe)
0,1 – 2,0	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-03
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.573	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.439		







PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-03
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.573	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.439			





PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-03
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.573	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.439			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-04**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.536** **N: 7.913.538**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Absorción							
0,0 – 0,3	Arena limosa con algo de gravas muy cementada de color pardo claro, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM-SP. Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).	-	-	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Firme	Los primeros 0.10 m corresponden a arena limosa suelta (chusca). Depósitos eólicos (Qe)
0,3 – 2,0	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-04
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.536	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.538			







PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-04
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.536 N: 7.913.538	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:





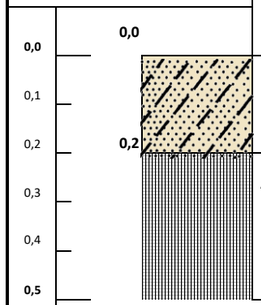
ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-04
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.536	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.538			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-05**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.636**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.249		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Absorción							
0,0 – 0,2	Arena Limosa (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico (Qe).	-	-	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de material	Seco	-	Suelta	Bajo esta unidad se encuentra arenas fuertemente cementadas (costra salina).
0,2 – 0,5	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														



PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-05
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.636	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.249		

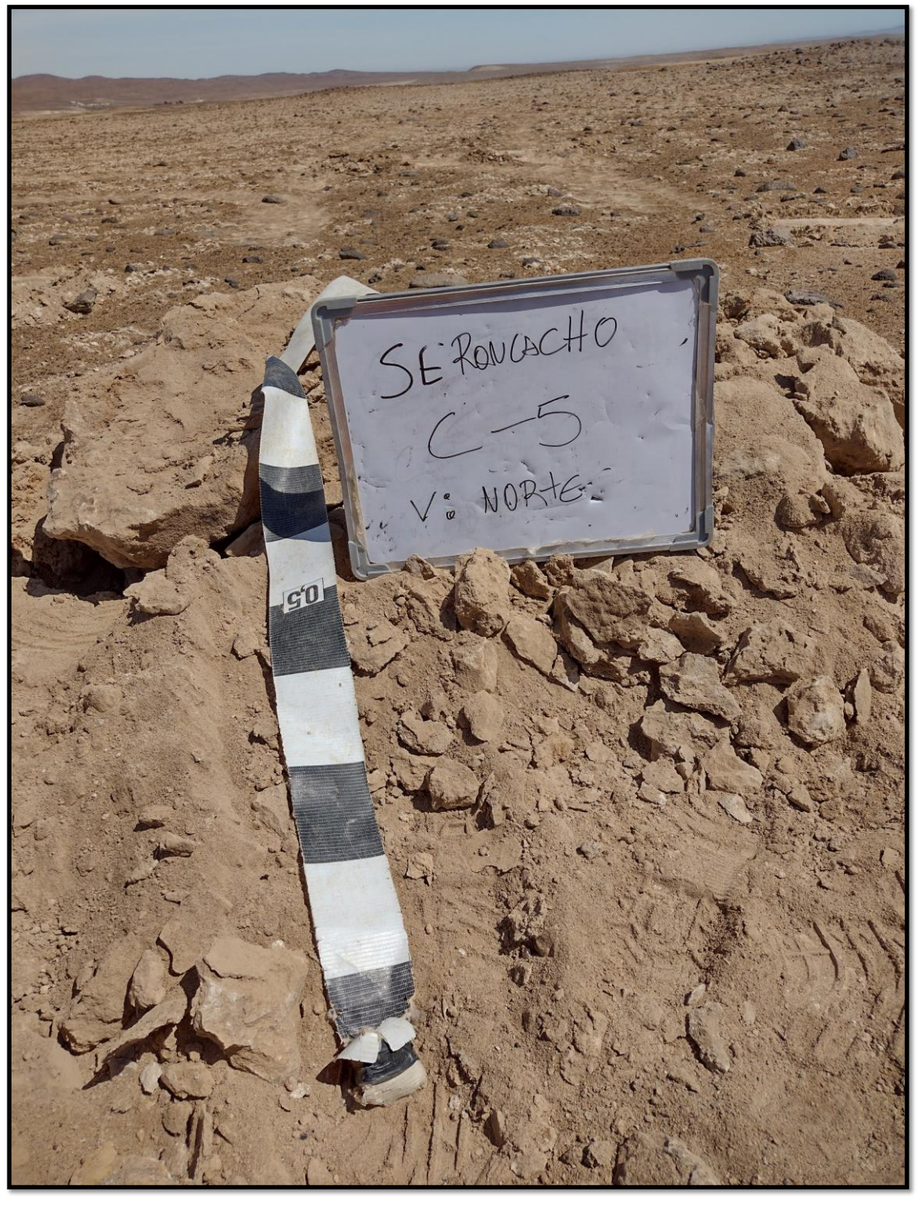






PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-05
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.636	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.249			





PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-05
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.636	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.249			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-06**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.974**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.041		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Absorción							
0,0 – 0,2	Arena limosa (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico (Qe).	-	-	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de material	Seco	-	Suelta	Hacia la base del estrato aumenta se encuentra una aunidad de arenas con algo de gravas, fuertemente cementada.Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas.
0,2 – 0,3	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0

PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-06
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.974	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.041			







PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-06
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.974	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.041			





PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-06
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.974	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.041			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-07**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.757**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.890		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Absorción							
0,0 – 0,1	Arena limosa con algo de gravas muy cementada de color pardo claro, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM-SP. Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).	-	-	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Firme	Los primeros 0.10 m corresponden a arena limosa suelta (chusca).Depósitos eólicos (Qe)
0,1 – 0,3	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.														

0,0 · 0,1 · 0,2 · 0,3 · 0,4 · 0,5 · 0,6 · 0,7 · 0,8 · 0,9 · 1,0 · 1,1 · 1,2 · 1,3 · 1,4 · 1,5 · 1,6 · 1,7 · 1,8 · 1,9 · 2,0

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-07
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.757	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.890		





PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-07
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.757 N: 7.913.890	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	



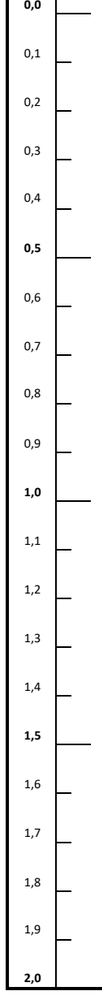


PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-07
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.757	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.890			



PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-08**
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 374.609**	**OBSERVACIONES EN TERRENO: 10:00 AM.**	
	N: 7.913.453		
	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Absorción							
0,0 – 0,1	Arena limosa con algo de gravas muy cementada de color pardo claro, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM-SP. Material de origen fluvial con posterior precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc).	-	-	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Firme	Los primeros 0.10 m corresponden a arena limosa suelta (chusca) (depósitos eólicos Qe)
0,1 – 0,5	Arena limosa fuertemente cementada por sales indeterminadas. Material de origen fluvial con fuerte precipitación de sales indeterminadas. Corresponde a la unidad geológica de Depósitos salinos de la depresión Central (Qsdc). No ripable con retroexcavadora.	}													



ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-08
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS		FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA		TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:
	N: 7.913.453		







ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-08
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.453			





PROYECTO: SE RONCACHO			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25	CALICATA Nº: C-08
CLAVE: 718_ HMV_ Arica_ SE RONCACHO_ MS			FECHA DE APERTURA: 12.09.2021	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			TÉCNICO DE TERRENO:	
COORDENADAS (X,Y):	E: 374.609	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	
	N: 7.913.453			



ANEXO 5: ACTAS DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN

Volver al texto

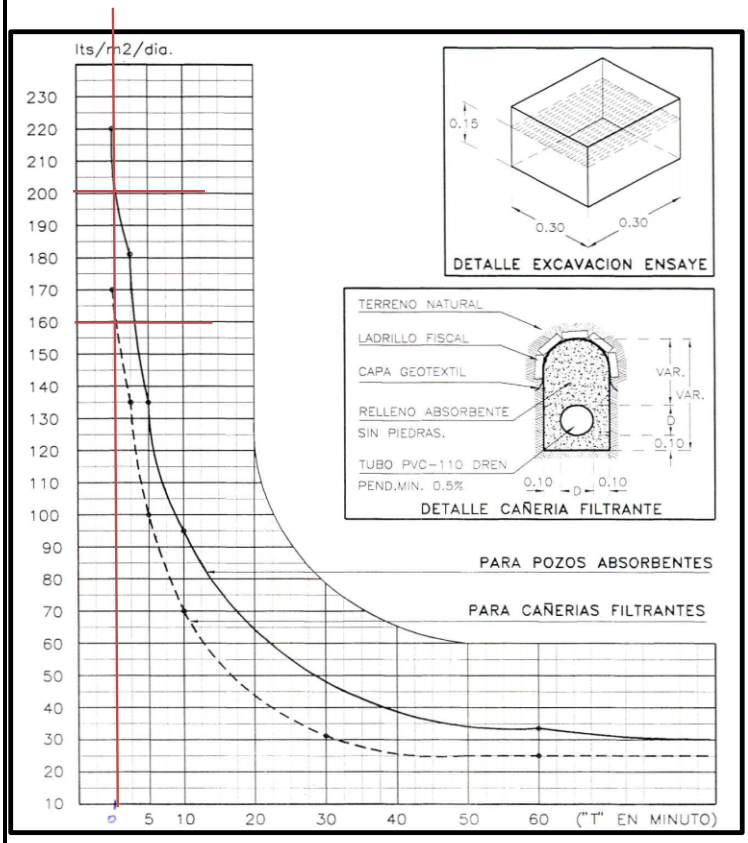
ENSAYO DE INFILTARCIÓN
Indice de Absorción

PROYECTO: SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA: 12.09.2021**	**ABSORCIÓN N° 1**
CLAVE: 718_HMV_Arica_SERONCACHO_MS_		**TÉCNICO DE TERRENO: JOSÉ ÁLVAREZ**	
UBICACIÓN: ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA			
COORDENADAS	**E: 374.609**	**CALICATA: C-02**	**OBSERVACIONES:**
	N: 7.913.383		

DATOS DE REFERENCIA	
Altura excavación pozo (mm):	300
Lado de la excavación pozo (mm):	300
Profundidad:	0.5

Nivel (mm)	Tiempo (Seg)	Tiempo (minutos)
150	2.7	0.05
145	4.56	0.08
140	6.58	0.11
135	9.15	0.15
130	12.26	0.20
125	15.43	0.26

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Valor Índice de Absorción (l/m2/d):	
Para Pozos Absorberntes	**Para Tubo de Drenaje**
200	160





ANEXO 6: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE ONDAS SÍSMICAS

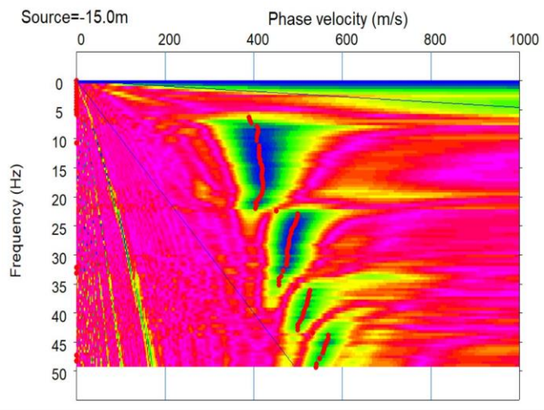
ENSAYO MASW

GEOTECNIA CHILE

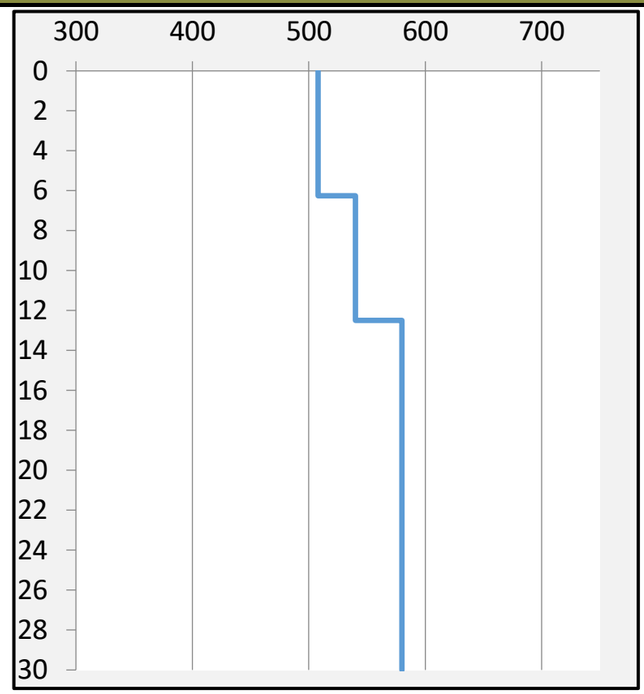
PROYECTO: SE Roncacho	**METODO: MEDICIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES MÉTODO MASW**		**MASW-01**
CLAVE: 730_ HMV_ Arica_ SE Roncacho_ GEOF	**DIST. GOLPES: -15,-10,-5,120,125,130 m.**	**EQUIPO: GEA24 PASI**	
UBICACIÓN: Arica, XV Región	**LOG. TOTAL: 115 m.**	**TÉCNICO: Matias Ávila**	
COORDENADAS (X,Y): **E: 374.609** **N: 7.913.440**	**HORA: 09:00 HRS**	**OBSERVACIONES: -**	
	FECHA : 04.09.2021		

Model Layer (mbgs)		Layer Thickness (m)	Shear Wave Velocity (m/s)	Shear Wave Travel Time Through Layer (s)
Top	Bottom			
0.00	6.25	6.25	508	0.012303150
6.25	12.50	6.25	540	0.011574074
12.50	30.00	17.50	580	0.030172414
Vs Average to 30 mbgs (m/s)				555

Curva de dispersión de los ensayos f-k activo



Modelo sísmico estratigráfico en base a Vs hasta los 30 m.



Ubicación de los ensayos



Fotografía trabajos en terreno.



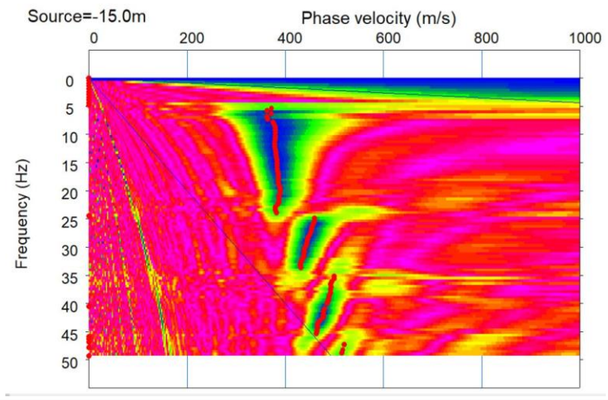
ENSAYO MASW

GEOTECNIA CHILE

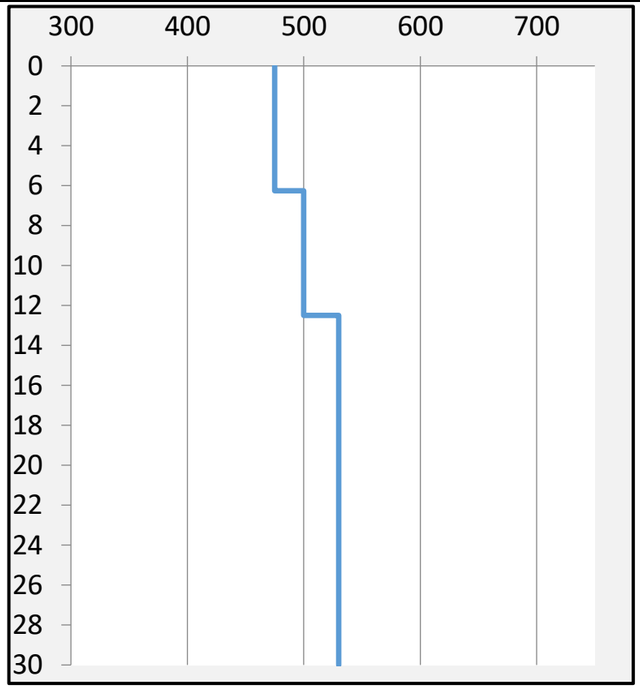
PROYECTO: SE Roncacho	**METODO: MEDICIÓN DE ONDAS SUPERFICIALES MÉTODO MASW**		**MASW-02**
CLAVE: 730_ HMV_ Arica_ SE Roncacho_ GEOF	**DIST. GOLPES: -15,-10,-5,120,125,130 m.**	**EQUIPO: GEA24 PASI**	
UBICACIÓN: Arica, XV Región	**LOG. TOTAL: 115 m.**	**TÉCNICO: Matias Ávila**	
COORDENADAS (X,Y): **E: 374.609** **N: 7.913.440**	**HORA: 09:00 HRS**	**OBSERVACIONES: -**	
	FECHA : 04.09.2021		

Model Layer (mbgs)		Layer Thickness (m)	Shear Wave Velocity (m/s)	Shear Wave Travel Time Through Layer (s)
Top	Bottom			
0.00	6.25	6.25	475	0.013157895
6.25	12.50	6.25	500	0.012500000
12.50	30.00	17.50	530	0.033018868
Vs Average to 30 mbgs (m/s)				511

Curva de dispersión de los ensayos f-k activo



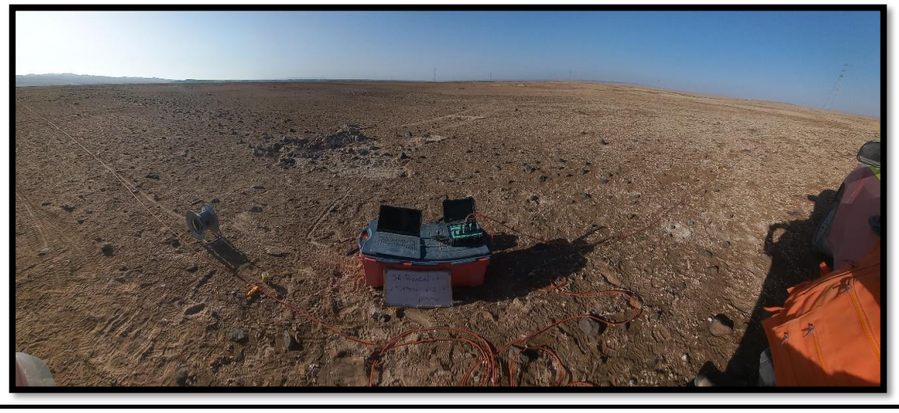
Modelo sísmico estratigráfico en base a Vs hasta los 30 m.



Ubicación de los ensayos



Fotografía trabajos en terreno.



ANEXO 7: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

CERTIFICATO DI TARATURA

"La sottoscritta ditta PASI srl con sede in Torino via Galliari 5/E - P.IVA 00737320010 produttrice del sismografo modello GEA24 matricola 20482 ha provveduto a controllare tutti i punti di taratura della suddetta strumentazione secondo i propri manuali di costruzione e taratura, ha poi provveduto alla misurazione di controllo dopo un periodo di Burn-in di 24 ore e può quindi dichiarare che le prestazioni dello strumento sia dal punto di vista delle misure che della sicurezza sono assolutamente corrispondenti ad un apparecchio nuovo e che le tensioni misurate sono ampiamente conformi alle specifiche di progetto.
La suddetta ditta ha poi provveduto alla misura sia in laboratorio sia nel proprio campo prove non rilevando valori anomali."
QUESTO CERTIFICATO È VALIDO FINO AL 01/06/2023

CALIBRATION CHECK CERTIFICATE

"We undersigned PASI srl, based in Turin, Italy, via Galliari 5/E, manufactures of the Seismograph Mod. GEA24 S/N 20482 verified all calibration points of the above-mentioned instrument according to our proprietor construction and calibration manuals. The instrument had been also re-checked after a burn-in period of 24 hours so we can declare that its performance – from both measurements and safety points of view - are absolutely correspondent to the ones recommended for a brand new- instrument and that the voltage measurements are correspondent to the values of reference indicated by the original design and developing project.
Following laboratory and in-field testing didn't point out any anomalies in the measured valued."
THIS CERTIFICATE STILL VALID UNTIL 01/06/2023

CERTIFICAT D' ETALLONAGE

"La société PASI srl sise à Turin rue Galliari 5 / E - P.IVA 00737320010 représenté par l'ingénieur PIRCHIO OSVALDO a procédé au contrôle du Sismographe Modèle GEA24 numéro de série 20482 et a vérifié tous les points d'étalonnage de l'appareille selon les procédures de fabrication. Après une période d'essai de 24 heure il a été mesuré et contrôle tous les paramètres et nous affirmons que la performance de l'instrument et des mesures de sécurité est correspondant à un appareil nouveau et que les Voltages mesurés sont conformes aux spécifications de fabrication".
CE CERTIFICAT EST VALIDE JUSQ'A LE 01/06/2023

Torino, 03/06/2021

P.A.S.I. srl

(Dott. Ing. Osvaldo Pirchio)

PASI - PRODOTTI APPARECCHI SCIENZA INDUSTRIA SRL - Technical Dpt. Dott. Ing. Osvaldo Pirchio

P.A.S.I. srl - Via Galliari, 5/E - 10125 TORINO - ITALY
Tel.+39 011 650.70.33 (r.a.) Fax +39 011 658.646 E-MAIL info@pasisrl.it
V.A.T. IT 00737320010 - C.C.I.A.A. Torino N. 269051
Web: http://www.pasisrl.it

ANEXO 8: METODOLOGÍA DE PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

METODOLOGÍA

PROSPECCIONES GEOFISICAS MEDIANTE METODOS SÍSMICOS

Realizado	Revisado	Aprobado
José Álvarez	Ricardo Hernández	Ricardo Hernández

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 5
2. METODOLOGÍA GENERAL DE ENSAYOS SÍSMICOS 7
2.1 EQUIPO GENERAL PARA ENSAYOS SÍSMICOS 8
3. ESTUDIO SÍSMICO MEDIANTE MÉTODOS ACTIVOS 10
3.1 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA 10
3.2 MÉTODO MASW 13
3.2.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo MASW 13
3.2.2 Metodología para obtención de datos en terreno. 14
3.3 MÉTODO DE REFRACCIÓN 16
3.3.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo de Refracción sísmica 16
3.3.2 Metodología para obtención de datos en terreno. 17
4. ESTUDIO SÍSMICO MEDIANTE MÉTODOS PASIVOS 19
4.1 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS REMI Y HVSR (NAKAMURA) 19
4.2 MÉTODO REMI 20
4.2.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo de ReMI 21
4.2.2 Metodología para obtención de datos en terreno. 21
4.3 MÉTODO HVSR (NAKAMURA) 23
4.3.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo según método HVSR 24
4.3.2 Metodología para obtención de datos en terreno. 24
5. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN CON OTROS PARAMETROS. RIPABILIDAD 26
6. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS. ESTUDIO DE TALUDES 28
7. EQUIPO GEOFÍSICO PARA REALIZACIÓN DE ENSAYOS MASW, REMI Y REFRACCIÓN 31
8. EQUIPO GEOFÍSICO PARA REALIZACIÓN DE ENSAYOS HVSR (NAKAMURA) 32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Equipo de sísmica básico 9
Figura 2 Error cometido al no considerar orientación de arreglo en base a propagación de ondas. 11
Figura 3 Arreglo lineal considerando terrenos con desniveles 12
Figura 4 Arreglo lineal considerando terrenos con pendiente. 12
Figura 5 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos MASW mediante el software Seisimager. 15
Figura 6 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos de refracción mediante el software Seisimager. 18
Figura 7 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos ReMI mediante el software Geopsy. 23
Figura 8 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos HVSR mediante el software Geopsy. 25
Figura 9 Tabla de correlación entre Vp y la calidad de la roca. 26
Figura 10 Tipo de desgarradores a emplear en función de la velocidad sísmica Vp 27
Figura 11 Tabla de correlación entre el índice de calidad Q, Vp, espesor espesor, matriz de suelo y módulos de deformación (Barton, 2011) 28
Figura 12 Disposición geométrica de los diferentes estratos presentes. 29
Figura 13 Zonificación del talud según dureza 30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Utilidad de los distinto métodos de prospección geofísica 6

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios geofísicos mediante sísmica de refracción permiten interpretar la estratigrafía del subsuelo gracias al principio físico del fenómeno de refracción de una onda sísmica que índice entre la interfase o límite de dos unidades geológicas con diferentes propiedades mecánicas, estas interfases son denominadas horizontes de refracción.

La refracción es un fenómeno físico que ocurre cuando una onda mecánica o electromagnética sufre una desviación o variación de velocidad al pasar de un medio a otro cuando estos tienen diferentes características de rigidez o densidad.

Los estudios de refracción sísmica descritos en el presente documento pertenecen a la categoría de **métodos no invasivos**, es decir, tanto la fuente como los receptores se ubican en la superficie durante el ensayo. A su vez, esta categoría se subdivide en métodos activos (onda sísmica provocada por una fuente controlada y apropiada para el ensayo) y métodos pasivos (se utiliza el ruido ambiental de fondo como fuente de ondas sísmicas).

El presente documento describe la metodología para la correcta realización en terreno de ensayos geofísicos de tipo sísmico y su posterior análisis en gabinete.
Los distintos ensayos que describen este documento son:

- Sísmica de refracción mediante métodos activos:
  - Método MASW.
  - Método de refracción sísmica.

- Sísmica de refracción mediante métodos pasivos:
  - Método REMI.
  - Método HVSR (Nakamura).

La utilidad para los estudios geológicos y geotécnicos de las técnicas de prospección sísmica se detallan en la tabla 1.

Tabla 1 Utilidad de los distinto métodos de prospección geofísica

APLICACIONES	Métodos Sísmicos	Métodos Eléctricos
	REFRACCIÓN	SEV/TOMOGRAFÍA
A: Principal B: Secundario C: Puede ser útil	VELOCIDAD DE PROPAGACION ONDA P Y S	RESISTIVIDAD ELECTRICA / CAPACIDAD ELECTRICA
GENERALES		
Exploracion de Hidrocarburos	A	B
Estudios Geológicos Regionales	A	B
Exploración/Desarrollo depósitos minerales	C	A
Investigaciones de Terreno Para Ingeniería	A	A
Investigaciones Hidrogeológicas	B	B
ESPECÍFICAS		
Valor RQD	A	
Valor Q Barton	A	
Coeficiente de Poisson	A	
Módulo de Young	A	
Módulo de Corte	A	
Excavable. Ripable. Factor de Carga Tronaduras.	A	C
Suelos y Capas no consolidadas	A	A
Capas en Rocas	B	B
Profundidad a la Roca	A	B
Profundidad al nivel Freático	A	B
Zonas de Fractura y Fallas	B	B
Vacíos / Dolinas	B	B
Propiedades de rocas y suelos	A	A
Fugas de Presas o Lagunas		B
Pilas de lixiviación / Vertederos		A
Intrusión de Aguas salinas		A
Salinidad de Suelos (contaminantes orgánicos)		A
Limites de vertederos y trincheras	B	B
Geología Forense		B
Rasgos Arqueológicos	B	B
Recursos mineros hasta 600 m profundidad		
Test Subestaciones eléctricas (Mallas a tierra)		A
Clasificación Sísmica de sitio DS61		
Tipificación Empréstitos	A	B
Geometría Cuencas sedimentarias	B	B

2. METODOLOGÍA GENERAL DE ENSAYOS SÍSMICOS

Todos los ensayos sísmicos de superficie siguen las mismas pautas en terreno respecto al orden de los trabajos y empleo de equipos. Se describe de forma general como sigue:

1. Descarga de material.
2. Localización del punto de interés previamente establecido.
3. Despliegue de cinta métrica en el terreno (50m).
4. Colocación de los 24 geófonos separados a distancias equidistantes (5 m entre ellos).
5. Recogida de la cinta métrica.
6. Despliegue del cable de fibra óptica.
7. Conectar los geófonos al cable de fibra óptica.
8. Paralelamente a lo anterior, el jefe de equipo se encargará de preparar el sismógrafo, el PC y de que las conexiones se hagan todas de manera correcta para tener un desarrollo satisfactorio del ensayo.
9. Toma de datos a través del software, grabándose 10 tomas de ruido ambiental.
10. Toma de datos a través de software, grabándose 4 martillazos en el geófono 1 (en el caso de ensayo MASW o Refracción).
11. Una vez terminado el ensayo se procede a la desconexión del PC y del sismógrafo y se realiza el mismo proceso descrito en los puntos anteriores en sentido ortogonal al tendido primero.

En terreno se realizará un *Daily Log* o reporte, el cual tendrá anotado lo siguiente:

- Nombre, número, extensión, coordenadas del inicio y final del tendido.
- Intervalo o separación de geófonos, número de golpes, localización de los disparos.
- Comentarios y condiciones de la zona de estudio.
- Archivo de *Google Earth* con el avance diario.

2.1 EQUIPO GENERAL PARA ENSAYOS SÍSMICOS

Para ejecutar estos trabajos en forma eficiente y segura, debe contar con lo siguiente (*figura* 1):

- EPP.
- Sismógrafo.
- Computador.
- Radio comunicación (Handy).
- Teléfono satelital.
- GPS de mano.
- Tendido de cables.
- Geófonos 4.5 Hz (método MASW y REMI).
- Geófonos 10 Hz (método refracción)
- Geófono Triaxial (método Nakamura)
- Martillo tipo combo de 12,5 Kg.
- Picota.
- Plancha de acero de 35x35x25 cm.
- Cable de disparo de 300 metros.
- Plastilina.
- Conos de seguridad.
- Cuerdas.
- Letterman (Kit herramientas).
- Caja de herramientas básica.
- Huincha de 200 mts.
- Huincha de 100 mts.

Figura 1 Equipo de sísmica básico



Los equipos geofísicos con los que cuenta GCH para la realización de los métodos mencionados en el presente informe son mostrados en los anexos 1 y 2.

3. ESTUDIO SÍSMICO MEDIANTE MÉTODOS ACTIVOS

El objetivo de estos estudios es estudiar la onda de cizalla o Vs, también conocida como onda secundaria y la onda longitudinal o Vp, conocida como onda primaria, a partir de la cual determinar el tipo de suelo y roca en profundidad. Los métodos presentan limitaciones inherentes de la metodología.

3.1 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS MASW Y REFRACCIÓN SÍSMICA

Antes de realizar un muestro geofísico mediante los métodos MASW y de refracción sísmica hay que tener en cuenta los siguientes factores que pueden afectar la calidad de los resultados.

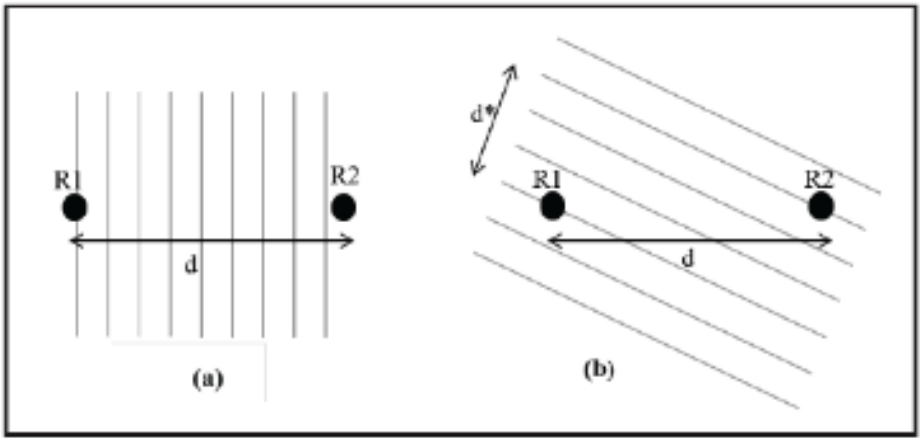
Ruido ambiental

Es referido a cualquier fuente natural o artificial que ocasione un tren de ondas sísmicas o que altere las condiciones ideales del ensayo, por ejemplo: Vehículos motorizados, animales que circulen cerca del área de estudio, presencia de corrientes significativas de viento, entre otros.

Tendido de la línea completamente recto.

La hipótesis fundamental de este método es que la dirección de propagación de los frentes de ondas es perpendicular al tendido sísmico (*Figura 2a*), tendido sísmico bajo el cual funciona el método. Sin embargo, cuando los frentes de onda se propagan con una dirección distinta (*Figura 2b*), el método interpreta que la distancia recorrida por el frente de ondas es igual a la separación entre los receptores (d), siendo que la distancia efectiva es distinta (d*), **lo que provoca que la velocidad inferida sea mayor a la real** y, por ende, puede informar que existen materiales de buena calidad (tipo roca) a menor profundidad que la real.

Figura 2 Error cometido al no considerar orientación de arreglo en base a propagación de ondas.



Superficies irregulares.

Es muy importante tener en cuenta la presencia de superficies irregulares, con pendiente y no perfectamente horizontales. Cuando los tendidos sísmicos son montados en una superficie con pendiente, las distancias entre geófonos deben ser medidas en la proyección horizontal, tal como se indica en la *figura 3*. Por otro lado, en terrenos sinuosos, se debe cumplir que la diferencia de cotas (d) sea menor al 10% de la apertura máxima del arreglo (D), tal como se indica en la *figura 4*.

Es importante mencionar que la mayor parte de los softwares de análisis comerciales no disponen de la opción para incorporar los desniveles de los geófonos al análisis. Si existe dicha restricción, **es fundamental que el arreglo en terreno sea prácticamente horizontal**. En la experiencia de los autores, este punto es especialmente crítico en el caso de arreglos bidimensionales.

Figura 4 Arreglo lineal considerando terrenos con pendiente.

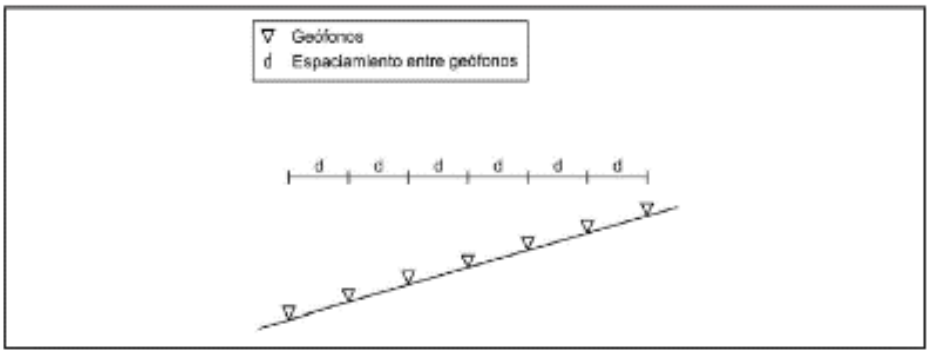
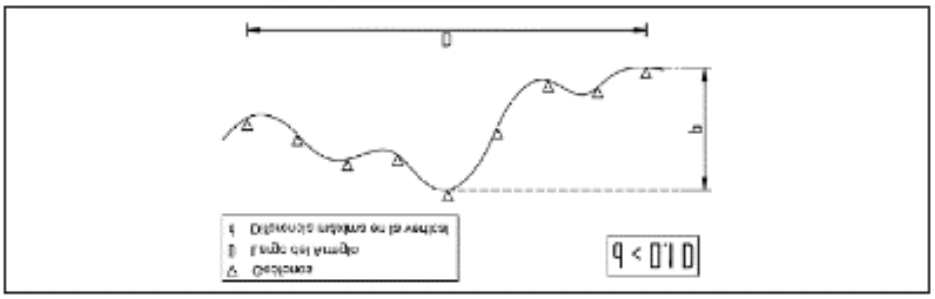


Figura 3 Arreglo lineal considerando terrenos con desniveles



3.2 MÉTODO MASW

El método MASW corresponde a un método activo utilizado para la medición de la componente vertical de la onda superficial tipo Rayleigh. El análisis de este ensayo permite caracterizar los suelos en base a la velocidad de propagación de ondas y determinar el promedio de velocidad de onda de corte en los primeros 30 metros Vs 30.

3.2.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo MASW

Para poder realizar los ensayos MASW es necesario contar los siguientes equipos.

- EPP.
- Sismógrafo PASI Gea 24.
- Laptop con software PASI Gea 24.
- Cable de fibra óptica de 12 canales.
- Geófonos axiales con frecuencia natural de 4.5 Hz.
- Cable de trigger con largo mínimo de 20 m.
- Trigger.
- Huincha Métrica 50 m.
- Fuente sísmica (Placa metálica y Martillo tipo combo de 12 kg).
- GPS.
- Plastilina o arcilla.
- Pala.

3.2.2 Metodología para obtención de datos en terreno.

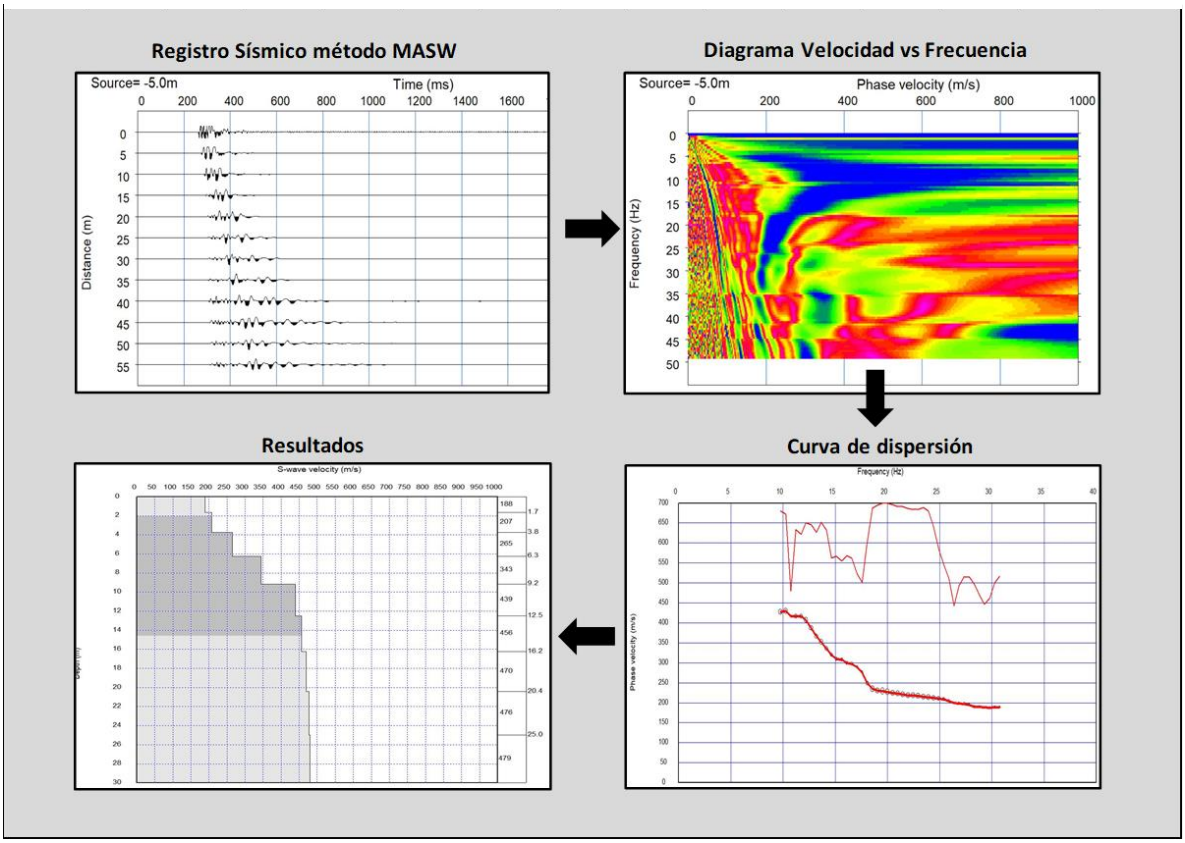
A continuación, se describen los pasos utilizados para la realización de dicho ensayo:

- Localización del punto de prospección, ubicando como ubicación de muestra el punto central del arreglo lineal.
- Despliegue de la huincha para medir en terreno.
- Ubicar los geófonos y los cables de conexión separados a 5 metros entre ellos, en una línea recta ubicada anteriormente. Para lo cual, GCH cuenta con un sismógrafo de 24 canales de la casa Italia PASI.
- Una vez desplegado el cable se deben conectar los geófonos al cable de fibra óptica.
- Si existe cubierta vegetal, suelo muy suelto se deberá retirar la cubierta mencionada y conectar los geófonos en suelos más competentes.
- Si existe corrientes de viento con intensidad considerable, se deberán enterrar los geófonos, evitando que el viento mueva a este y los cables de conexión.
- Paralelamente a lo anterior, el jefe de equipo se encargará de preparar el sismógrafo, el PC y de que las conexiones se hagan todas de manera correcta para tener un desarrollo satisfactorio del ensayo.
- Inspección de conexiones y verificación de los niveles del ruido ambiental no admisible.
- Partiendo del geófono uno (1) como el punto 0.0 m, se dispone a realizar la toma de datos a través del software, grabándose 3 golpes en las siguientes coordenadas en el sentido del tendido sísmico: -20 m, -10 m y -5 m.
- Una vez finalizado la obtención de datos se procede a inspeccionar la imagen sísmica obtenida y se guarda para su posterior procesamiento e interpretación en gabinete.

Se debe asegurar que los geófonos se encuentren clavados firmemente al suelo, teniendo en cuenta una correcta alineación y posición vertical. En caso de modificar la posición de un geófono se debe anotar la nueva ubicación para efectos de cálculo.

Mediante los procesos de análisis e inversión de las curvas de dispersión calculadas mediante los softwares Seisimager y Geopsy es posible obtener una columna estratigráfica en función de la profundidad y los valores de velocidad de onda de corte (Vs) obtenidos. Los resultados finales obtenidos en el ensayo MASW se expresan a continuación (*figura* 5).

Figura 5 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos MASW mediante el software Seisimager.



3.3 MÉTODO DE REFRACCIÓN

Este método se basa en la respuesta sísmica de los distintos tipos de suelos frente a un tren de ondas generado artificialmente mediante una fuente conocida. La respuesta sísmica de los suelos se ven reflejadas en términos de los tiempos de recorrido de las ondas directas y las ondas refractadas, las cuales dependen de las propiedades elásticas de los suelos y rocas analizadas. El análisis de los datos obtenidos permite calcular las velocidades longitudinales (Vp) de los diferentes estratos.

3.3.1 *Equipos Necesarios para realizar ensayo de Refracción sísmica*

Para poder realizar los ensayos de sísmica de refracción es necesario contar los siguientes equipos.

- EPP.
- Sismógrafo PASI Gea 24.
- Laptop con software PASI Gea 24.
- Dos cables de fibra óptica de 12 canales (24 canales en total).
- Geófonos axiales con frecuencia natural de 10 Hz.
- Cable de trigger con largo mínimo de 100 m.
- Trigger.
- Huincha Métrica 50 m.
- Fuente sísmica (Placa metálica y Martillo tipo combo de 12 kg).
- GPS.
- Plastilina o arcilla.
- Pala.

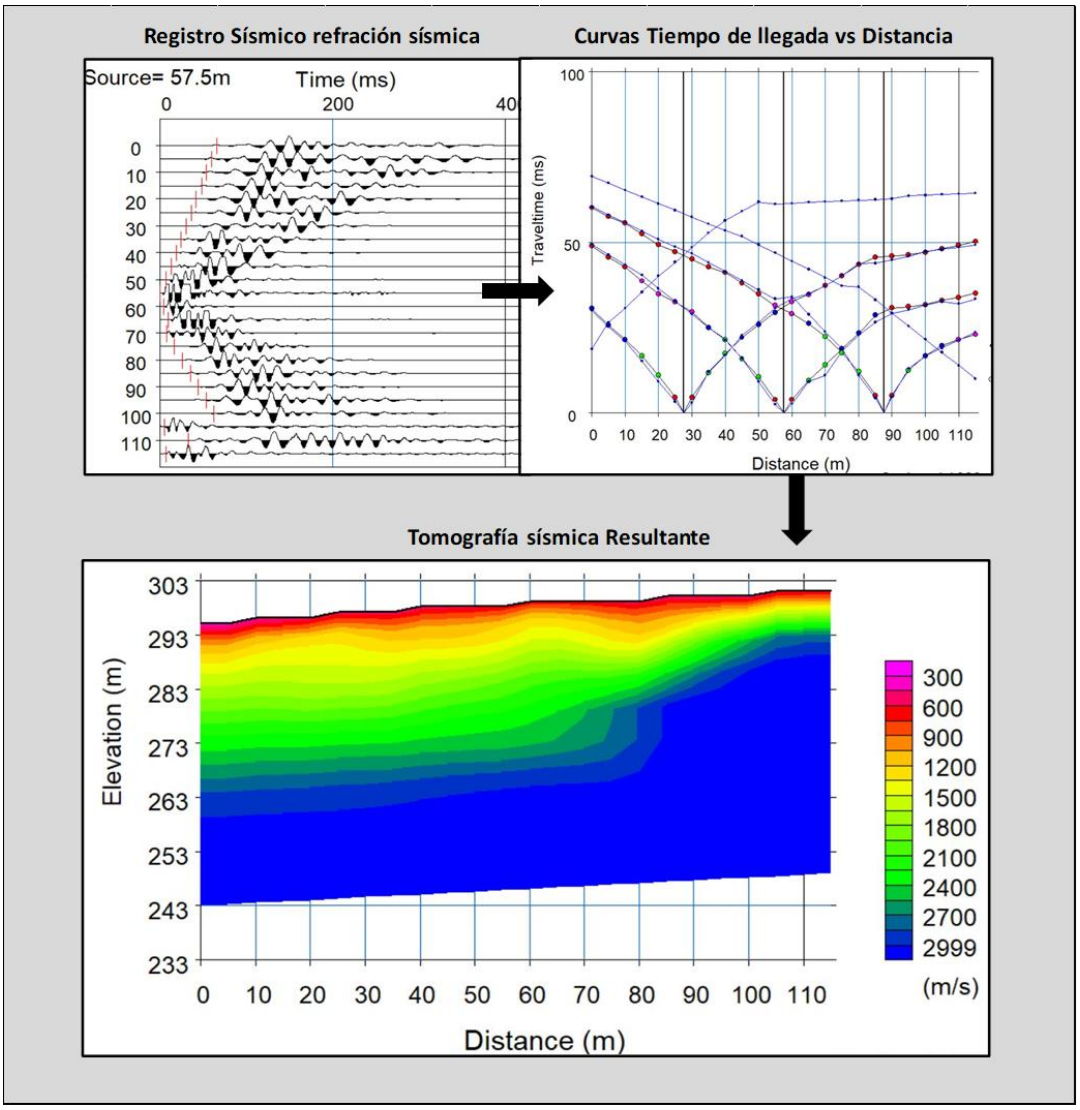
3.3.2 Metodología para obtención de datos en terreno.

La técnica e instrumental es igual que la mencionada en el capítulo 3.2.2 salvo en la configuración de los disparos; se tiene como mínimo que realizar dos tiros lejanos, dos cercanos y un disparo en la mitad del tendido. Cada tendido tiene como extensión 115 m. Los resultados obtenidos reflejan el valor de la onda Vp y se representan como un perfil en 2D.

Se debe asegurar que los geófonos se encuentren clavados firmemente al suelo, teniendo en cuenta una correcta alineación y posición vertical. En caso de modificar la posición de un geófono se debe anotar la nueva ubicación para efectos de cálculo.

Una vez realizado el muestreo de las lecturas en cada golpe realizado, es posible fabricar un diagrama de Tiempo de llegada versus distancia utilizando los softwares Seisimager y Geopsy, los cuales permiten realizar un perfil sísmico conocido como Tomografía Sísmica, que relaciona las velocidades de onda P en función de la profundidad. Los resultados finales obtenidos en el ensayo de refracción sísmica se expresan a continuación (*figura* 6).

Figura 6 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos de refracción mediante el software Seisimager.



4. ESTUDIO SÍSMICO MEDIANTE MÉTODOS PASIVOS

Los estudios de refracción sísmica mediante métodos pasivos se basan en el muestreo y análisis de trenes de ondas que se encuentran físicamente vinculados a los producidos por un sismo, los cuales, a diferencias de los métodos activos, estos trenes de ondas no son provenientes de una fuente controlada (por ejemplo, un mazo), sino que tienen un origen proveniente del ruido ambiental generado por acción antrópica o natural. Un ejemplo de ruido ambiental por acción antrópica es una carretera con abundante circulación de vehículos, o un motor encendido.

Las ventajas de estos métodos es que las ondas sísmicas utilizadas se caracterizan por poseer longitudes de ondas y profundidades de propagación mucho mas altas que las utilizadas mediante métodos activos, por lo que es posible alcanzar profundidades de análisis mucho más grandes, pero perdiendo resolución espacial.

4.1 LIMITACIONES DE LOS MÉTODOS REMI Y HVSR (NAKAMURA)

Antes de realizar un muestro geofísico mediante los métodos ReMI y Nakamura hay que tener en cuenta los siguientes factores que pueden afectar la calidad de los resultados.

Resolución máxima en los resultados.

La resolución espacial de los datos obtenidos depende de la densidad de la información (controlada por la separación de los geófonos) y por las longitudes de ondas sísmicas utilizadas, mientras que una mayor longitud de onda utilizada implica una mayor profundidad de análisis también se traduce a una menor resolución máxima de los datos obtenidos, por lo que se observaran menores interacciones entre las heterogeneidades de las unidades geológicas estudiadas.

Tendido de la línea completamente recto (Método ReMI).

La hipótesis fundamental de este método es que la dirección de propagación de los frentes de ondas es perpendicular al tendido sísmico (*imagen 2a*), tendido sísmico bajo el cual funciona el método. Sin embargo, cuando los frentes de onda se propagan con una dirección distinta (*imagen 2b*), el método interpreta que la distancia recorrida por el frente de ondas es igual a la separación entre los receptores (d), siendo que la distancia efectiva es distinta (d*), **lo que provoca que la velocidad inferida sea mayor**

a la real, por ende, puede informar que existen materiales de buena calidad (tipo roca) a menor profundidad que la real.

Superficies irregulares (Método ReMI).

Es muy importante tener en cuenta la presencia de superficies irregulares, con pendiente y no perfectamente horizontales. Cuando los tendidos sísmicos son montados en una superficie con pendiente, las distancias entre geófonos deben ser medidas en la proyección horizontal, tal como se indica en la *imagen 3*. Por otro lado, en terrenos sinuosos, se debe cumplir que la diferencia de cotas (d) sea menor al 10% de la apertura máxima del arreglo (D), tal como se indica en la *imagen 4*.

Es importante mencionar que la mayor parte de los softwares de análisis comerciales no disponen de la opción para incorporar los desniveles de los geófonos al análisis. Si existe dicha restricción, **es fundamental que el arreglo en terreno sea prácticamente horizontal**. En la experiencia de los autores, este punto es especialmente crítico en el caso de arreglos bidimensionales.

4.2 MÉTODO REMI

La Refracción de Microtremores (ReMI) es un método de refracción pasivo que en medir el ruido ambiental mediante el empleo de instrumentación sísmica de similares características a las utilizadas en el método MASW, sin embargo, el método de obtención de datos consistirá en la grabación del ruido ambiental por un periodo de tiempo determinado. El análisis de este ensayo permite caracterizar los suelos en base a la velocidad de propagación de ondas y determinar el promedio de velocidad de onda de corte Vs a mayores profundidades que las obtenidas mediante métodos activos.

4.2.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo de ReMI

Para poder realizar los ensayos de sísmica de refracción es necesario contar los siguientes equipos.

- EPP.
- Sismógrafo PASI Gea 24.
- Laptop con software PASI Gea 24.
- Cables de fibra óptica de 12 canales.
- Geófonos axiales con frecuencia natural de 10 Hz.
- Huincha Métrica 50 m.
- GPS.
- Plastilina o arcilla.
- Pala.

4.2.2 Metodología para obtención de datos en terreno.

A continuación, se describen los pasos utilizados para la realización de dicho ensayo:

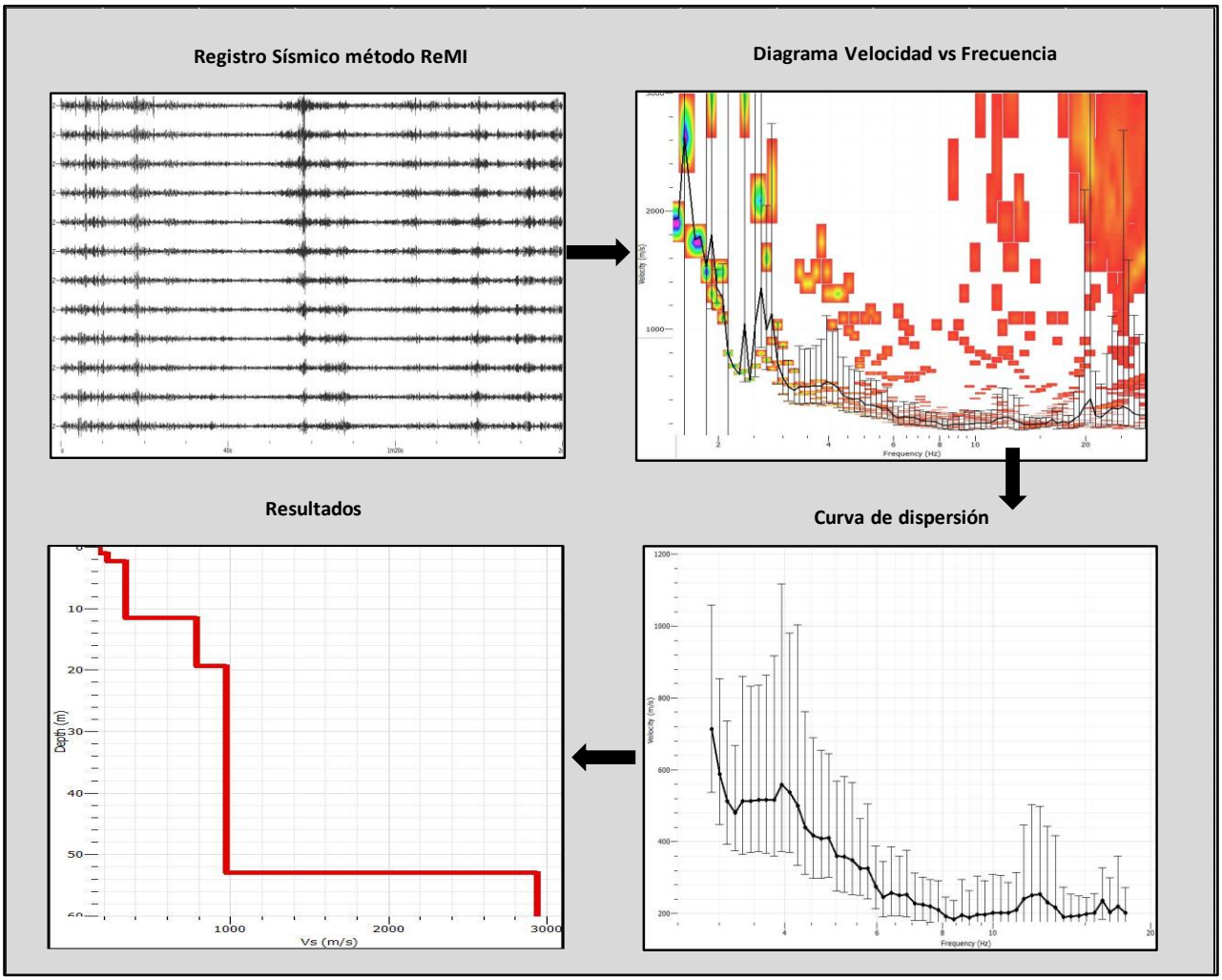
- Localización del punto de prospección, ubicando como ubicación de muestra el punto central del arreglo lineal.
- En un arreglo lineal se debe considerar que la fuente sísmica pasiva se encuentre ortogonal al arreglo.
- Despliegue de la huincha para medir en terreno.
- Ubicar los geófonos y los cables de conexión separados a 5 metros entre ellos, en una línea recta ubicada anteriormente. Para lo cual, GCH cuenta con un sismógrafo de 24 canales de la casa Italia PASI.
- Una vez desplegado el cable se deben conectar los geófonos al cable de fibra óptica.

- Si existe cubierta vegetal o suelo muy suelto se deberá retirar la cubierta mencionada y conectar los geófonos en suelos más competentes.
- Si existe corrientes de viento con intensidad considerable, se deberán enterrar los geófonos, evitando que el viento mueva a este y los cables de conexión.
- Paralelamente a lo anterior, el jefe de equipo se encargará de preparar el sismógrafo, el PC y de que las conexiones se hagan todas de manera correcta para tener un desarrollo satisfactorio del ensayo.
- Inspección de conexiones y verificación la ganancia de captación de los geófonos.
- Los registros deben tener una duración mínima de 5 minutos, cabe mencionar que mientras mayor duración de registro es mayor el muestreo realizado.
- Una vez finalizado la obtención de datos se procede a inspeccionar la imagen sísmica obtenida y se guarda para su posterior procesamiento e interpretación en gabinete.

Se debe asegurar que los geófonos se encuentren clavados firmemente al suelo, teniendo en cuenta una correcta alineación y posición vertical. En caso de modificar la posición de un geófono se debe anotar la nueva ubicación para efectos de cálculo.

Utilizando los Softwares Seisimager o Geopsy se deben filtrar los registros sísmicos, eliminando los peaks producto de las fuentes de ruido cercanas y conservando las amplitudes promedio. Estos registros deben ser procesados para obtener un diagrama de Frecuencia vs velocidad, el cual nos permitirá determinar la curva de dispersión resultante del registro sísmico realizado. Los resultados finales obtenidos en el ensayo de refracción de Microtremores (ReMI) se expresan en una columna estratigráfica que relaciona la velocidad de onda de corte (Vs) y la profundidad (*figura* 5).

Figura 7 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos ReMI mediante el software Geopsy.



4.3 MÉTODO HVSR (NAKAMURA)

La técnica sísmica HVSR o Nakamura es un método de refracción pasivo que consiste en el registro de los trenes de ondas sísmicas naturales que se propagan en las 3 componentes (x, y, z). El método HVSR es un método no invasivo y es utilizado para determinar las frecuencias de resonancia de las unidades geológicas presentes en determinada área de estudio, además es posible estimar preliminarmente la velocidad de onda de corte Vs para realizar estudios comparativos con otros métodos conocidos.

4.3.1 Equipos Necesarios para realizar ensayo según método HVSR

Para poder realizar los ensayos según el método HVSR es necesario contar los siguientes equipos.

- EPP.
- Sismógrafo PASI Gea 24.
- Laptop con software PASI Gea 24.
- Cables de fibra óptica correspondiente al equipo GEMINI II.
- Geófonos triaxial GEMINI II de 2Hz de frecuencia natural.
- GPS.
- Pala.
- Cincel y martillo tipo combo.

4.3.2 Metodología para obtención de datos en terreno.

A continuación, se describen los pasos utilizados para la realización de dicho ensayo:

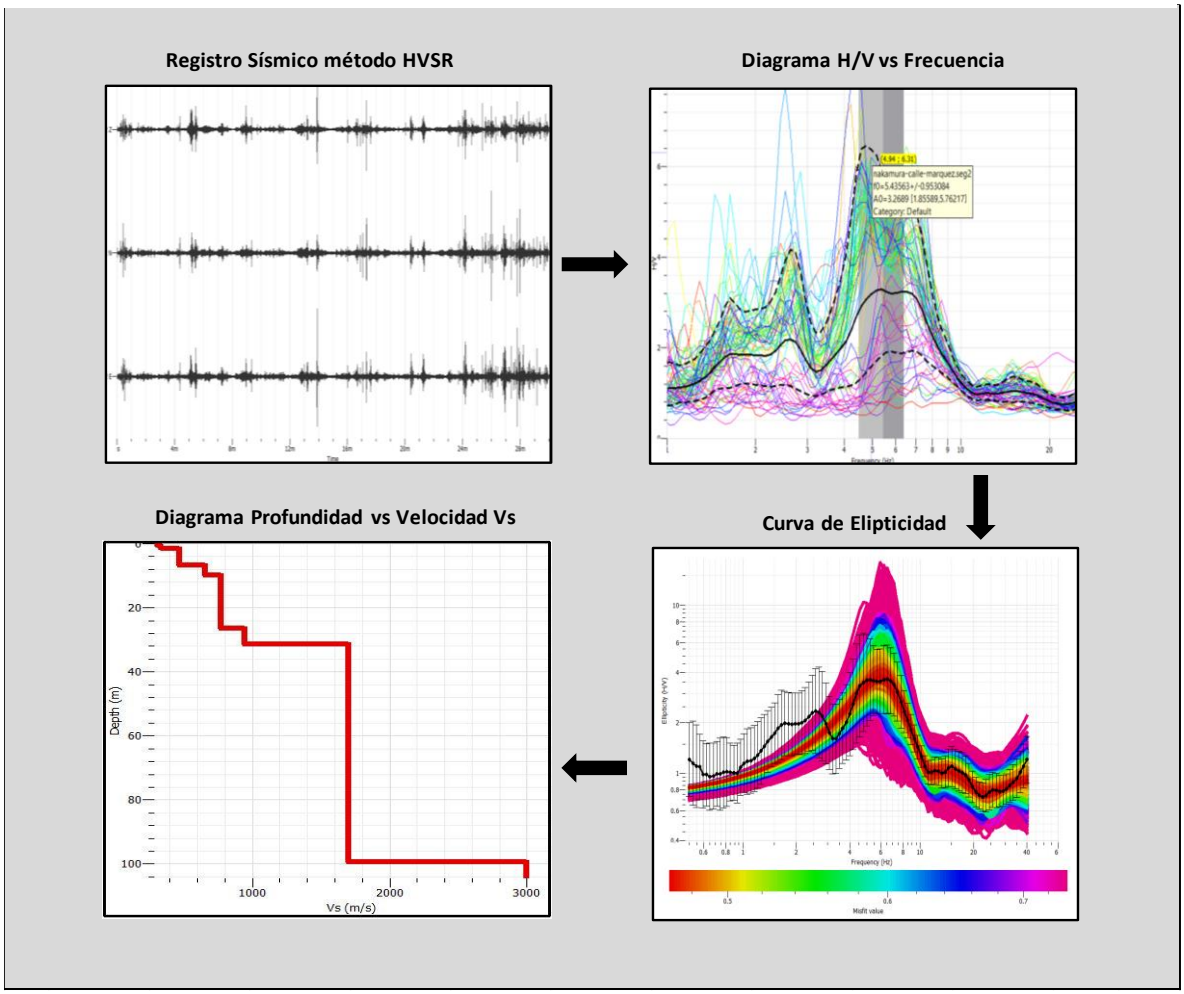
- Localización del punto de prospección.
- Realizar una excavación de al menos 30 cm de profundidad.
- Conectar geófono triaxial GEMINI II a la línea de fibra óptica.
- Ubicar el geófono triaxial GEMINI II al interior de la excavación y proceder a centrar el nivel esférico incorporado.
- Paralelamente a lo anterior, el jefe de equipo se encargará de preparar el sismógrafo, el PC y de que las conexiones se hagan todas de manera correcta para tener un desarrollo satisfactorio del ensayo.
- Inspección de conexiones y verificación la ganancia del geófono.
- Los registros deben tener una duración mínima de 30 minutos, cabe mencionar que mientras mayor duración de registro es mayor el muestreo realizado.

- Una vez finalizado la obtención de datos se procede a inspeccionar la imagen sísmica obtenida y se guarda para su posterior procesamiento e interpretación en gabinete.

Es de suma importancia aislar el geófono triaxial de las corrientes de aire, debido a que este factor puede afectar negativamente la calidad de los registros obtenidos.

Los resultados finales obtenidos en el ensayo de HVSR (Nakamura) se expresan a continuación (*figura* 8).

Figura 8 Esquema del paso a paso para la interpretación de ensayos HVSR mediante el software Geopsy.



5. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN CON OTROS PARAMETROS. RIPABILIDAD

Una de las utilidades de la prospección sísmica es conocer la *ripabilidad* de una roca, la cual representa una medida del grado de dificultad de esta para ser excavada con equipos de convencionales; mediante la rotura del terreno con un tractor o bulldozer que permite su excavación o carga directa. Si bien hay numerosos factores que afectan la ripabilidad, como por ejemplo la resistencia fracturación, dirección del buzamiento de la roca, etc., en términos de producción, los factores dominantes son: la resistencia a la compresión simple de la roca, el grado de meteorización, la velocidad sísmica, la resistencia y rugosidad de las juntas, su separación, y sobre todo la masa del tractor.

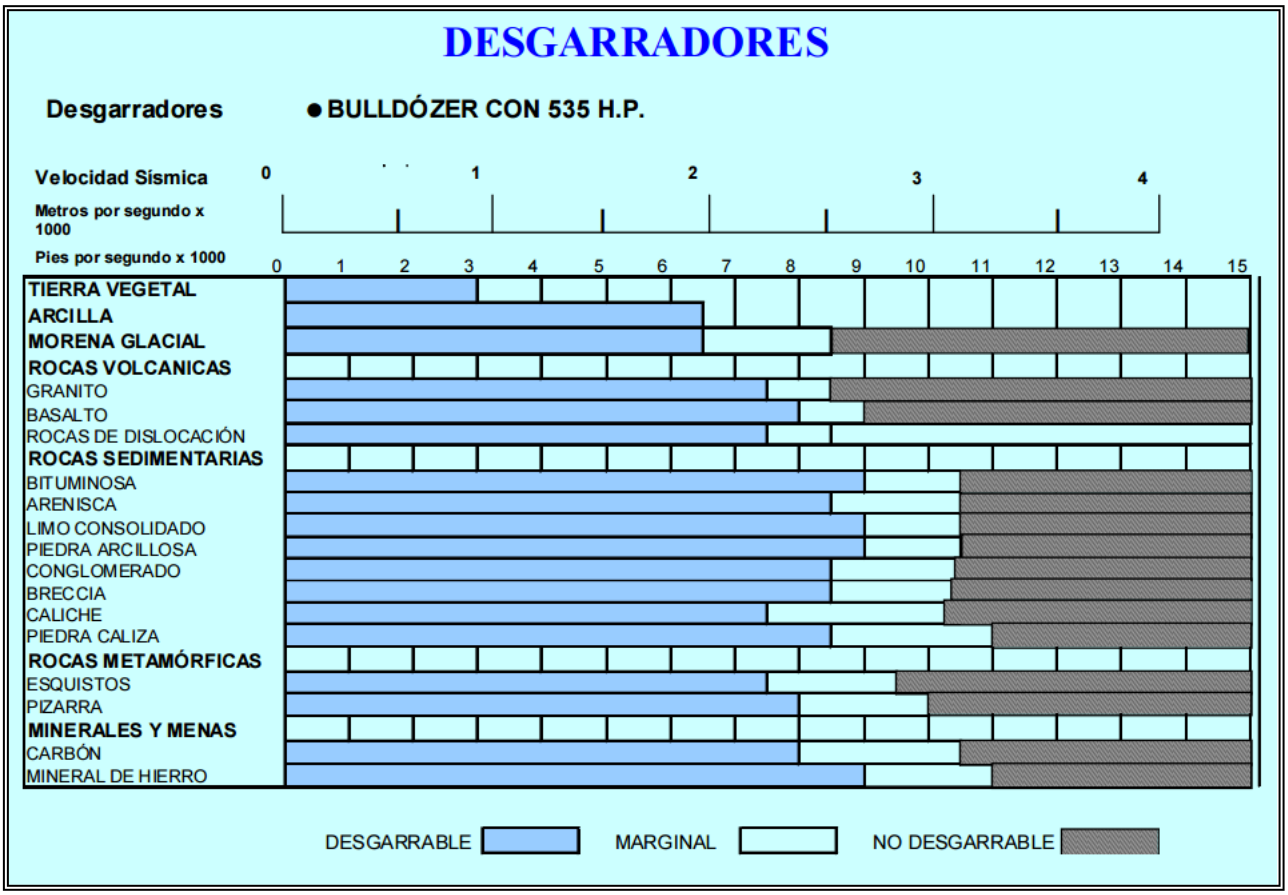
Existen tablas para determinar la ripabilidad del suelo (*figura 9*) y los tipos de desgarradores (*figura 10*) según los rangos de valores de la velocidad de ondas compresionales Vp :

Figura 9 Tabla de correlación entre Vp y la calidad de la roca.

CLASIFICACIÓN DE RIPABILIDAD SEGÚN WEAVER

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	>2150	2150 – 1850	1850 – 1500	1500 – 1200	1200 - 450
Valoración	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extr. dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Valoración	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente sana	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Valoración	9	7	5	3	1
ESPACIADO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000 – 1000	1000 – 300	300 – 50	< 50
Valoración	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD DE JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continua con algún relleno	Continua con relleno
Valoración	5	5	3	0	0
RELLENO DE LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separación <1mm	Relleno <5mm	Relleno >5mm
Valoración	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco favorable	Favorable	Muy favorable
Valoración	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100 – 90	90 – 70*	70 – 50	50 – 25	<25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Ext. difícil de ripar. Voladura	Muy difícil de ripar	Difícil de ripar	Fácilmente ripable
SELECCIÓN DE MAQUINARIA	–	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
POTENCIA (CV)	–	770/385	385/270	270/180	180
KW	–	575/290	290/200	200/135	135

Figura 10 Tipo de desgarradores a emplear en función de la velocidad sísmica Vp



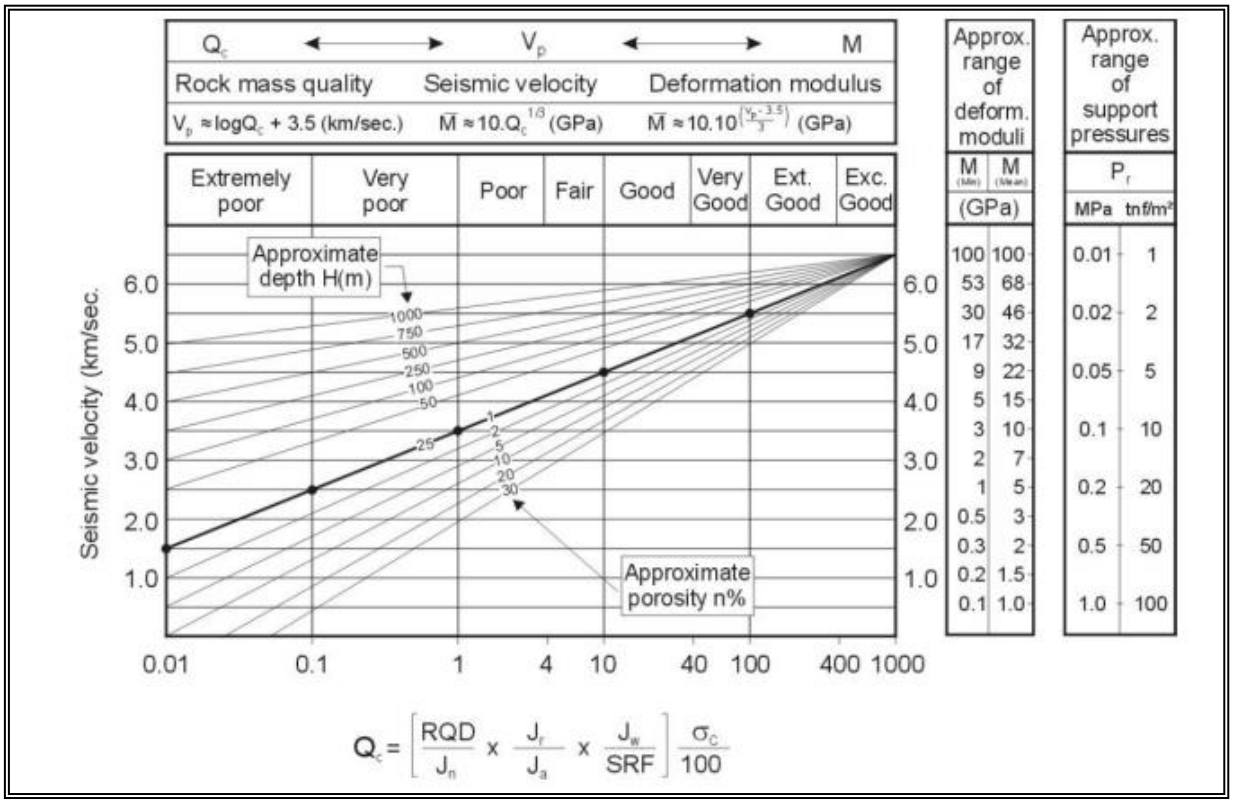
6. CORRELACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS. ESTUDIO DE TALUDES

Entre las utilidades de los estudios sísmicos están el conocimiento del subsuelo para obtener toda la información tanto geológica como geotécnica que sirva como herramienta para un correcto diseño de taludes entre otros aspectos geotécnicos.

Con los métodos sísmicos podemos conocer los siguientes parámetros de un suelo o macizo rocoso:

- Valor del RQD (*figura* 11).
- Valor del Q de Barton (*figura* 11).
- Módulo de Young.
- Módulo de Deformación
- Módulo de Corte.
- Excavabilidad. Ripabilidad. Factor de Carga para Tronaduras. (*figuras* 9 y 10).

Figura 11 Tabla de correlación entre el índice de calidad Q, Vp, espesor espesor, matriz de suelo y módulos de deformación (Barton, 2011)



Estos parámetros son de suma importancia para la mecánica de rocas y por ende para el diseño de taludes en macizos rocosos.

Los perfiles sísmicos se harán paralelos a la dirección de corta del talud lo que nos proporcionará un modelo 2D del talud (*figuras 12 y 13*), tanto de la disposición geométrica de las capas como de su dureza.

Figura 12 Disposición geométrica de los diferentes estratos presentes.

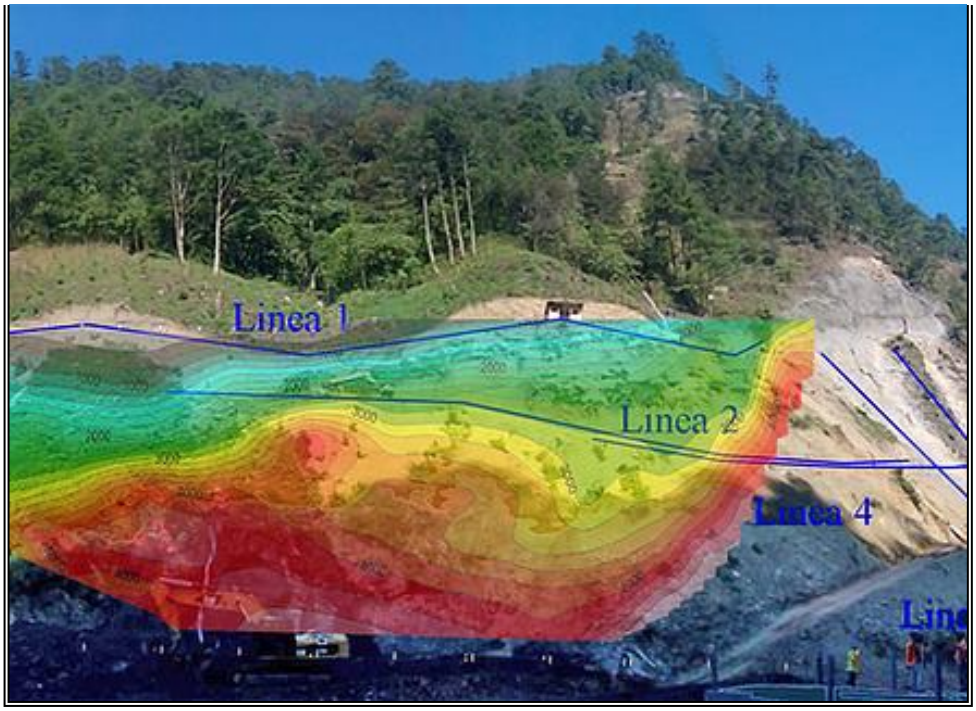
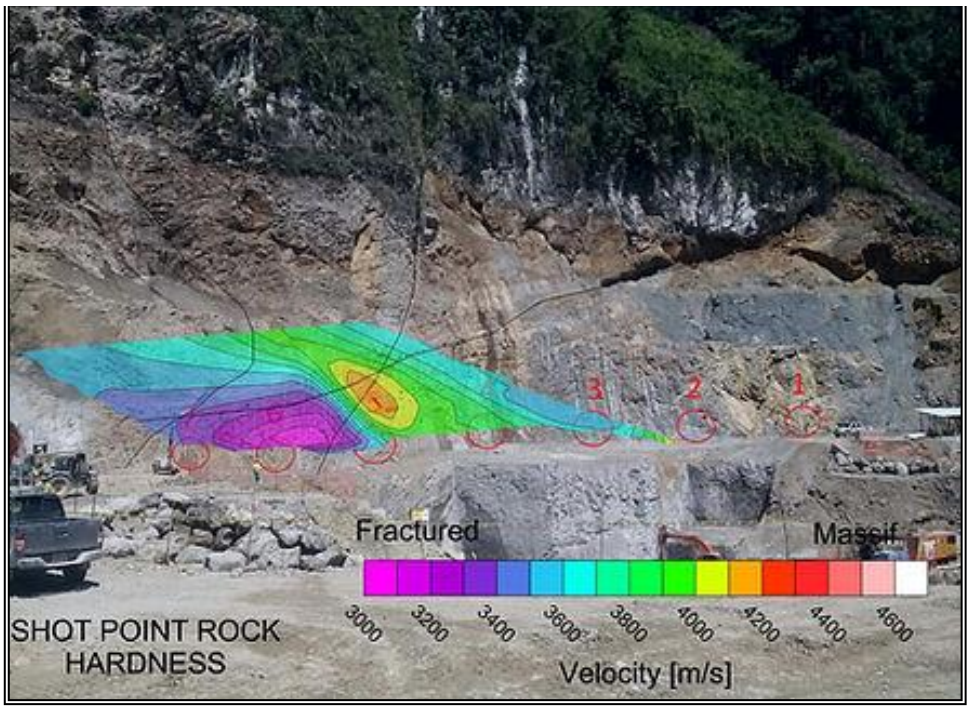


Figura 13 Zonificación del talud según dureza



7. EQUIPO GEOFÍSICO PARA REALIZACIÓN DE ENSAYOS MASW, REMI Y REFRACCIÓN

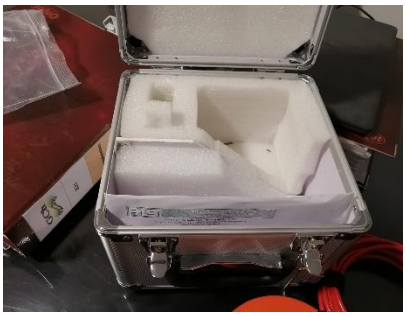
Equipo	Descripción
	huincha metrica
	linea n°1 de 12 canales
	linea n°2 de 12 canales
	Cable de trigger

	Conector de cable de trigger y Geófono de 4,5 Hz (trigger)
	Geofonos de 4,5 Hz
	Geofonos de 10 Hz
	Sismografo Pasi Gea 24

	Mazo y placa metalica (fuente sismica)
	Caja contenedora del equipo de MASW
	Caja contenedora del equipo de Refracción

8. EQUIPO GEOFÍSICO PARA REALIZACIÓN DE ENSAYOS HVSR (NAKAMURA)

Equipo	Descripción
	Geófono triaxial Gemini II
	linea Geófono Triaxial
	3 puntas base para nivelación en terrenos blandos
	3 bases para nivelación en superficies duras

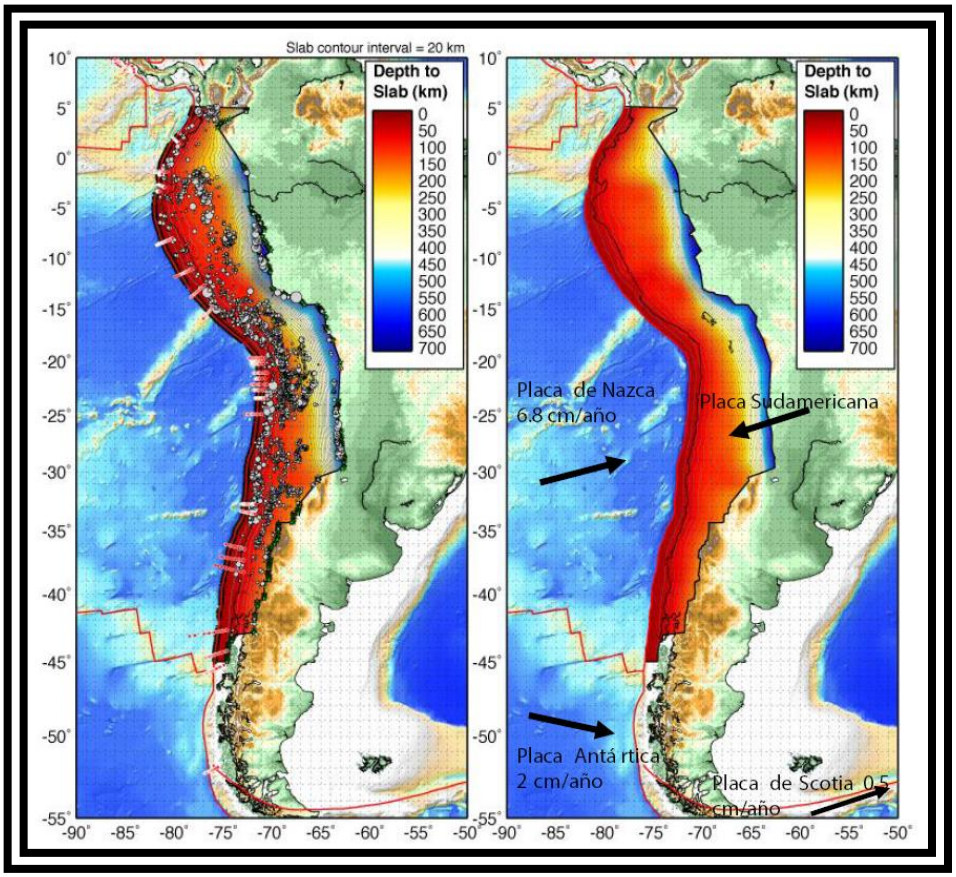
	Caja proyectora equipo Gemini II
	Sismógrafo pasi
	Pala Equipo Nakamura

ANEXO 9: ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Volver al texto

Chile se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana en su borde occidental, donde convergen generando zonas de subducción las placas de Nazca y Antártica, en tanto que la placa de Scotia se desliza horizontalmente respecto a la placa Sudamericana, en un borde de placas transcurrente. Estas interacciones producen una gran deformación del continente Sudamericano, y generan terremotos en todo Chile. Debido a la alta velocidad de convergencia entre Nazca y Sudamérica, la sismicidad en esa zona es la más intensa y produce los mayores terremotos en el país.

Figura: Marco Tectónico del borde occidental del continente sudamericano.



A continuación, se desarrollan los cálculos según lo reglamentado en la NCh 2369 de 2003 "Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales" y con las consideraciones recogidas en la Sección 3.1004 “Diseño Sísmico” del Manual de Carreteras de Chile y el “Decreto tramitado por el Ministerio de vivienda y urbanismo del 6/12/2011” se ofrece la siguiente caracterización del terreno en términos de sismicidad.

El **Coeficiente Sísmico** se determina en base:

$$C = \frac{2{,}75A_0}{gR}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq \frac{0{,}25A_0}{g}$$

A_0 Aceleración efectiva máxima, según zonificación sísmica

T´: Parámetro según el tipo de suelo de fundación

N: Parámetro según el tipo de suelo de fundación

T*: Periodo fundamental de vibración, función del tipo de estructura

R: Factor de modificación de la respuesta

ξ: Razón de amortiguamiento

El análisis modal espectral se debe hacer para el espectro de diseño siguiente:

$$S_a = \frac{2{,}75IA_0}{R}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq IC_{máx}g$$

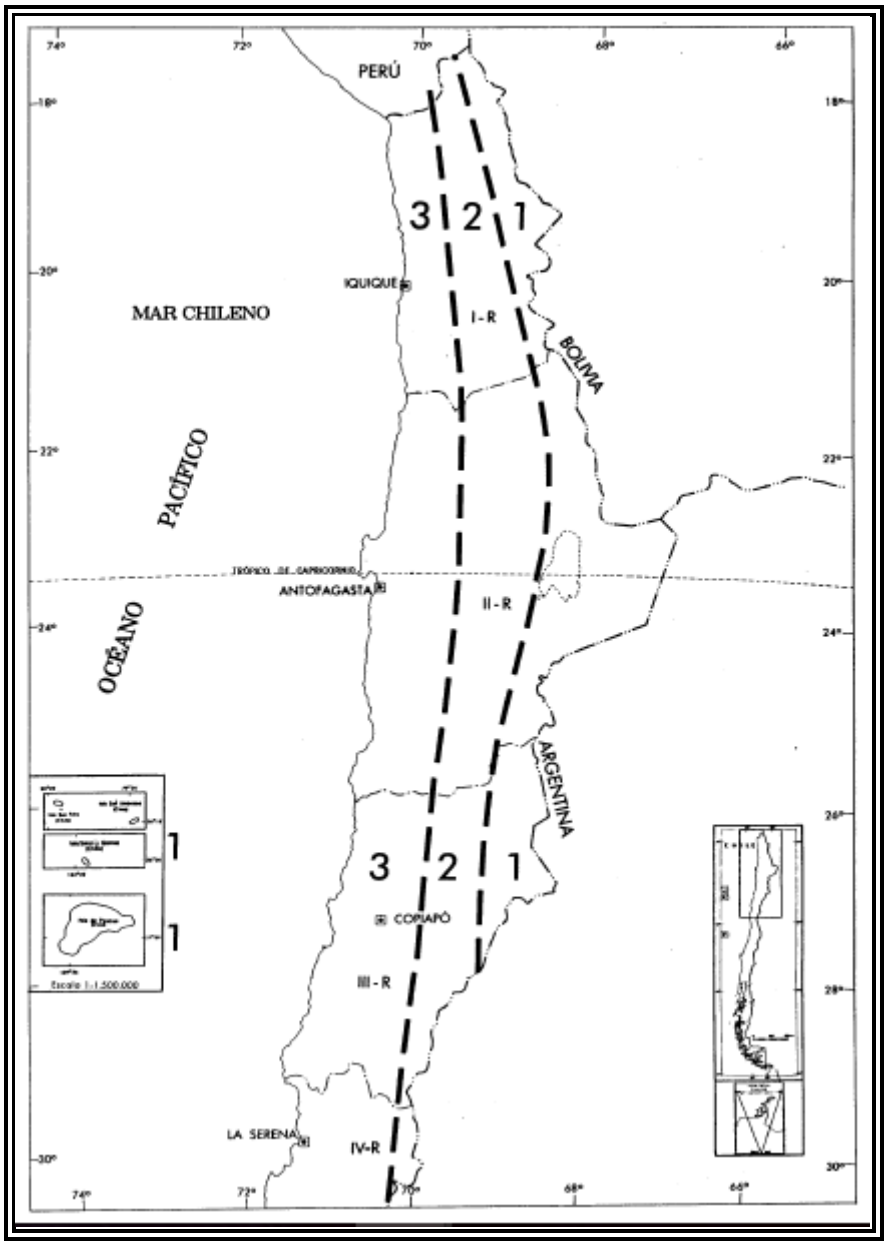
Siendo I el coeficiente de importancia de la estructura (este dato deberá ser decidido en última instancia por el calculista).

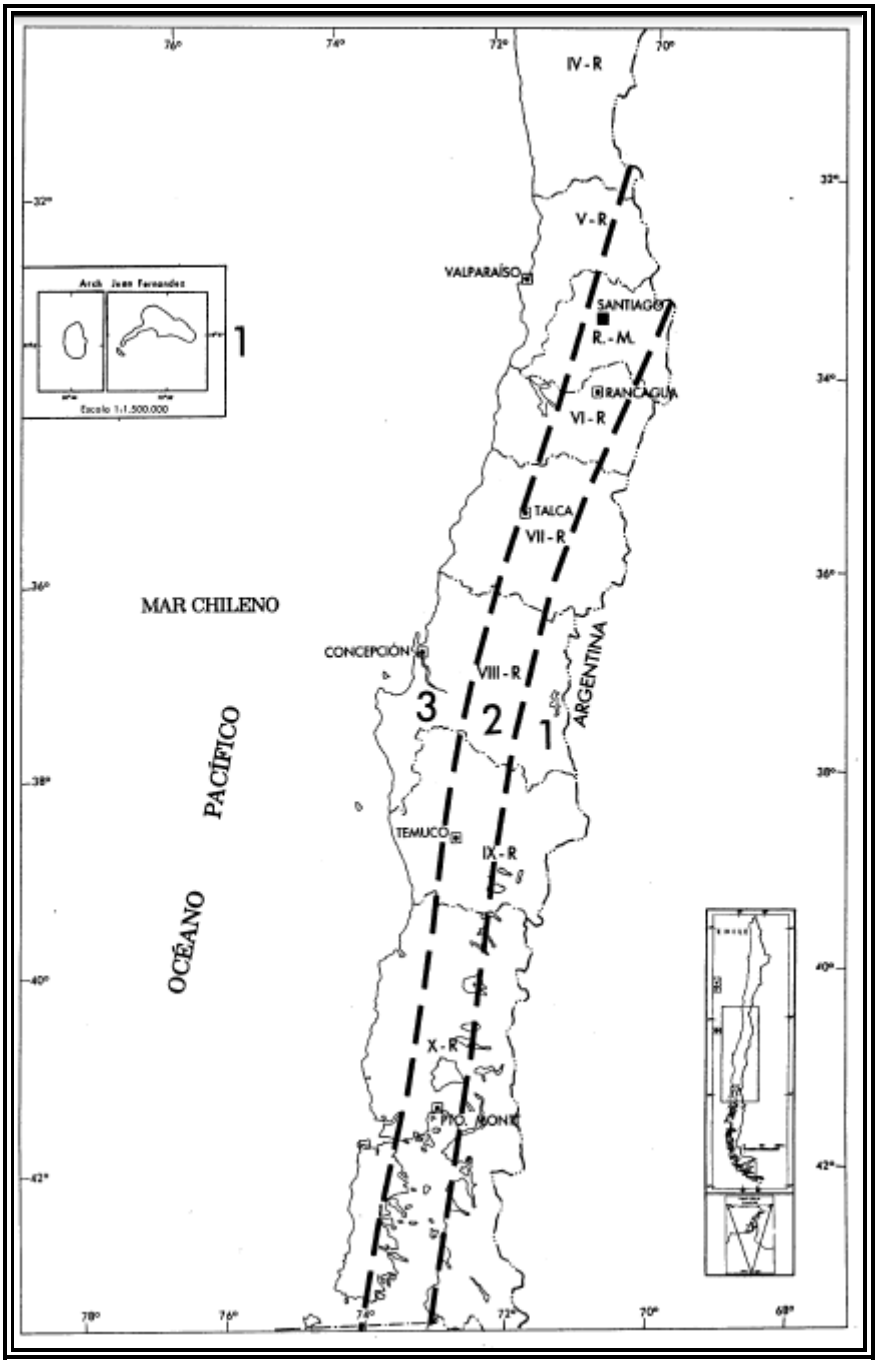
Se proceden a obtener los distintos parámetros para obtener el coeficiente sísmico:

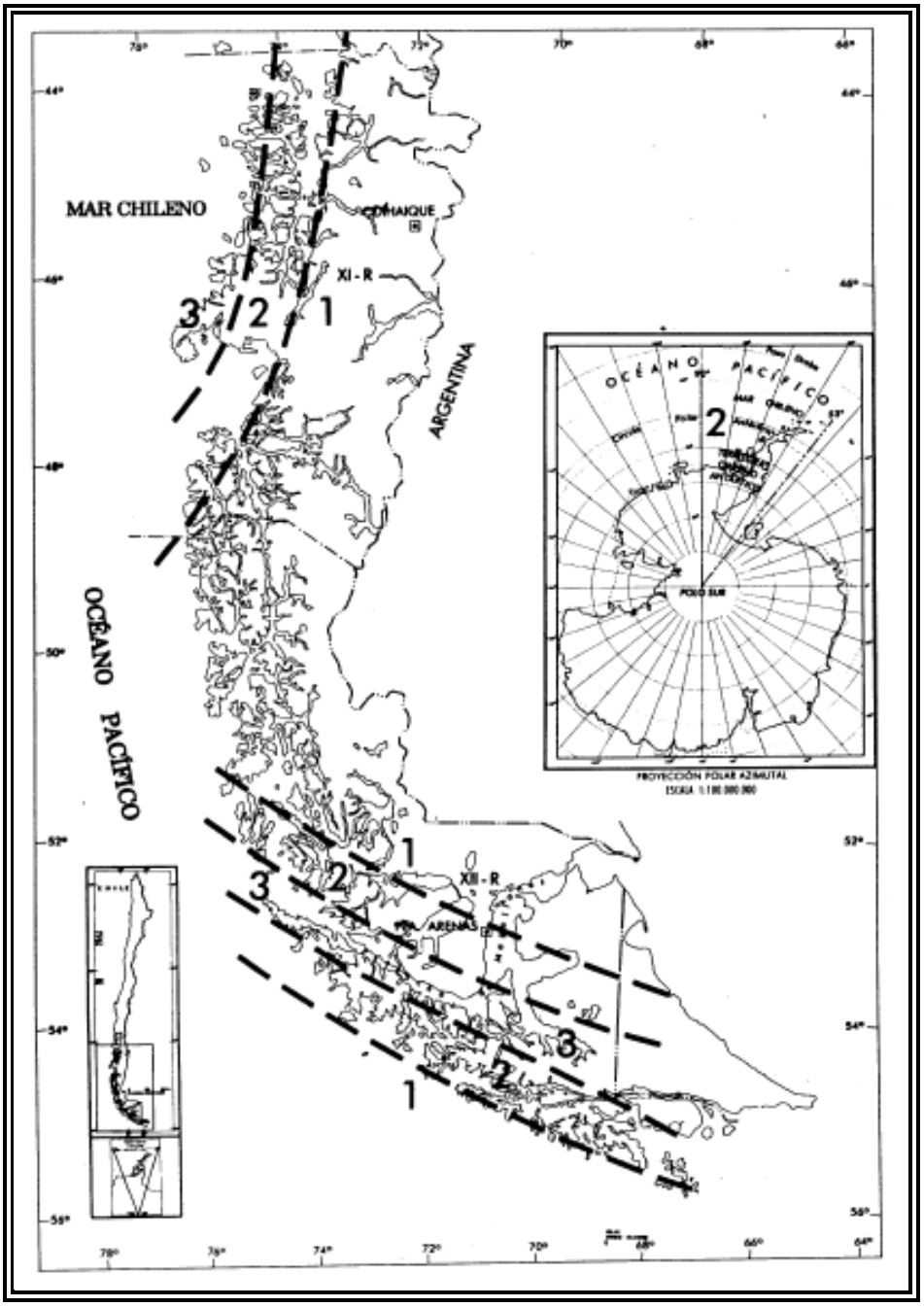
$$S_a = \frac{2{,}75IA_0}{R}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq IC_{máx}g$$

Zonificación Sísmica:

Figura: Zonificación Sísmica de Chile




IV - R
V - R
VALPARAÍSO
SANTIAGO
R. - M.
RANCAGUA
VI - R
TALCA
VII - R
MAR CHILENO
CONCEPCIÓN
VIII - R
ARGENTINA
PACÍFICO
OCÉANO
TEMUCO
IX - R
X - R
PTO. MONTT
Arch. Juan Fernandez
Escala 1:1.500.000
1
2
3


MAR CHILENO
COYHAIQUE
XI - R
ARGENTINA
OCÉANO PACÍFICO
XII - R
PUNTA ARENAS
OCÉANO PACIFICO
POLO SUR
PROYECCIÓN POLAR AZIMUTAL

Según el Manual de Carreteras la Aceleración Efectiva Máxima del suelo Ao se determinan en la siguiente tabla de acuerdo a la zonificación sísmica de Chile indicada en las figuras anteriores.

La fracción de la aceleración de gravedad g de la Aceleración Efectiva Máxima Ao se denomina Coeficiente de Aceleración Efectiva Máxima, A´o, este es un coeficiente adimensional determinado de acuerdo a la expresión A´o = Ao /g

TABLA 3.1004.302.A
VALOR DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A_0 Y COEFICIENTE DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A'_0

Zona Sísmica	A_o	A'_o
1	0,20 g	0,20
2	0,30 g	0,30
3	0,40 g	0,40

Según el Manual de Carreteras la aceleración máxima del suelo (ao) se determina según la siguiente tabla de acuerdo a la zonificación sísmica de Chile anteriormente vista.

TABLA 3.1004.303.A
VALOR DE ACELERACION MAXIMA DEL SUELO a_0 COMPARACION CON VALOR ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A_O.

Zona Sísmica	a_o	A_o
1	0,30g	0,20g
2	0,40g	0,30g
3	0,50g	0,40g

- **Tipología del terreno de fundación:**

Según la NCh 2369 de 2003 tenemos los siguientes tipos de suelo.

Tabla: Según la NCh 2369 de 2003

Tipo de suelo	Descripción
I	Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ v_s igual o mayor a 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	a) Suelo con v_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien, b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad $ID(DR)$ (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien; c) Arena densa, con $ID(DR)$ mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien, d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 Pa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras. En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.
III	a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien, b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien, c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien, d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.
IV	Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0,025 MPa (q_u igual o menor que 0,050 MPa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según la NCh 2369 del 2003.

Tipo de suelo	T' (s)	n
I	0,20	1,00
II	0,35	1,33
III	0,62	1,80
IV	1,35	1,80

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según el D.S. 61 del 2011.

Tipo de Suelo	S	T_0 seg	T' seg	n	p
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.0
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.5
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.6
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.0
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.0
F	*	*	*	*	*

Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	≥ 50%	≥10 (ε_{qu}≤2%)		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		≥ 0,40 (ε_{qu}≤2%)	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		≥ 0,30 (ε_{qu}≤2%)	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180			≥ 30	≥0,05
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	<0,05
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

El coeficiente sísmico horizontal según distintas normativas será:

- $K_h = 0{,}3 * a_{máx}$ $K_h = 0{,}3 * a_{máx}$ (NCh-2369-de-2003)

- $K_h = K_1 S \frac{A_0}{2g}$ $K_h = K_1 S(A_0/2g)$ (Manual de carreteras. Chile):

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según el Manual de Carreteras.

TABLA 3.1004.308.A
COEFICIENTE DEL SUELO (S)

Tipo de Suelo	S
I	0,9
II	1,0
III	1,2
IV	1,3

El Coeficiente sísmico vertical viene dado por la siguiente expresión:

Kv=2/3* Kh

ANEXO 10: CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS TOLERABLES.

Volver al texto

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b_i que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g_i para terreno en pendencia.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación *D/B*, ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\frac{D}{B}$$

Para valores D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*

d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando φ=0.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Factores de inclinación de la carga

$$i_c' = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g_c' = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)

$$b_c' = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = exp(-2\eta\tan\varphi)$$

$$b_q = exp(-2.7\eta\tan\varphi)$$

ANEXO 11: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Volver al texto

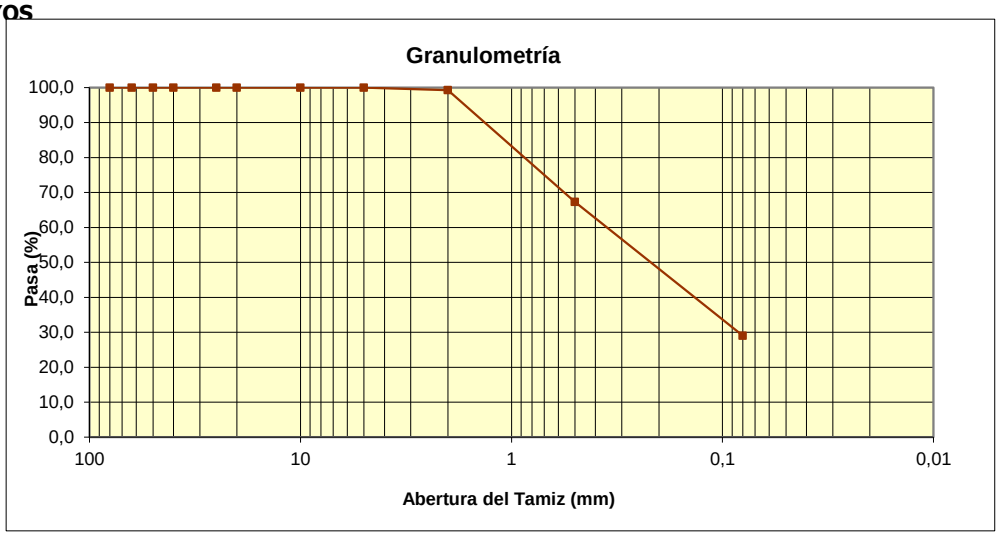
GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5666 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	
2. DATOS MUESTRA	
Descripción: Procedencia/Referencia: C01 Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m. Tipo de muestreo: Calicatas	Método de muestreo: NCh 164 Of.2009 Muestreado por: José Alvarez Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021
3. REGISTRO MUESTRA	
Fecha registro: 20.09.2021	Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
10	100,0
5	100,0
2	99,3
0,5	67,3
0,08	29,0



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,0
	finas	De 4,75 a 19 mm.	0,0
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	0,7
	medias	De 0,425 a 2 mm.	32,0
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	38,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	29,0

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,16

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,715

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5669 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C02
Datos complementarios: Desde 0,3 hasta 0,5 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

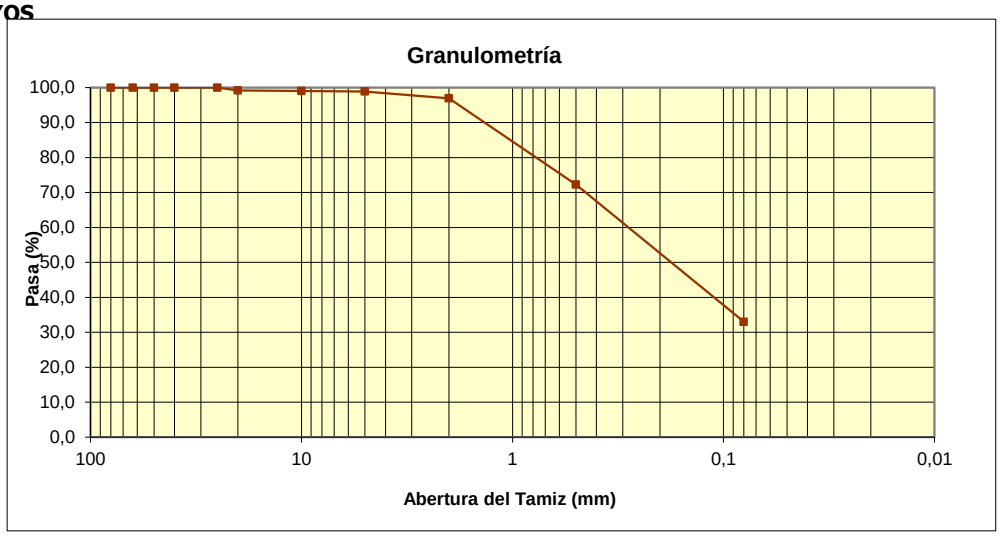
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	99,2
10	99,0
5	98,9
2	96,9
0,5	72,3
0,08	33,0



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,8
	finas	De 4,75 a 19 mm.	0,3
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	2,0
	medias	De 0,425 a 2 mm.	24,6
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	39,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	33,0

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,30

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,710

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5670 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C03
Datos complementarios: Desde 0,4 hasta 0,6 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

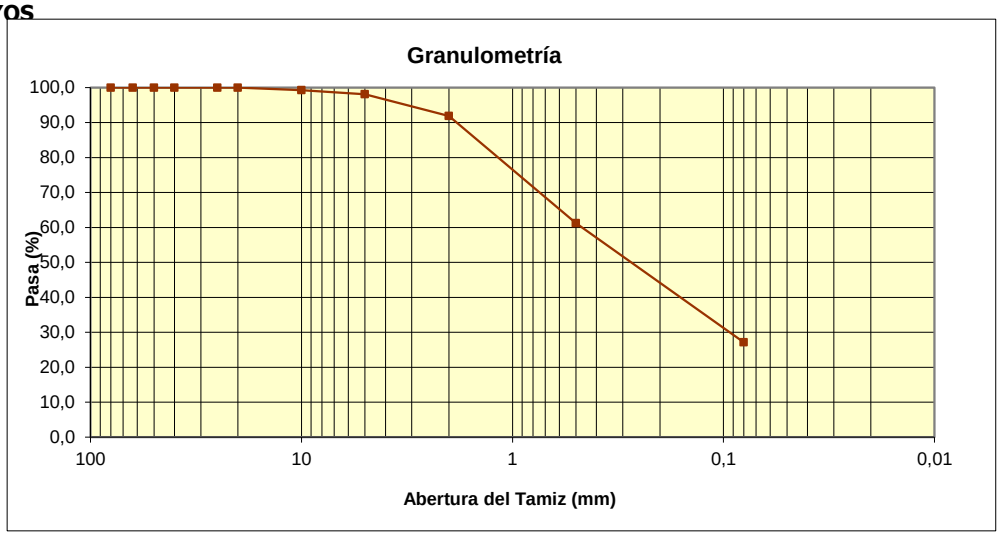
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
10	99,3
5	98,1
2	91,9
0,5	61,2
0,08	27,1



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,0
	finas	De 4,75 a 19 mm.	1,9
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	6,2
	medias	De 0,425 a 2 mm.	30,7
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	34,1
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	27,1

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	0,87

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,688

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5671 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C04
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

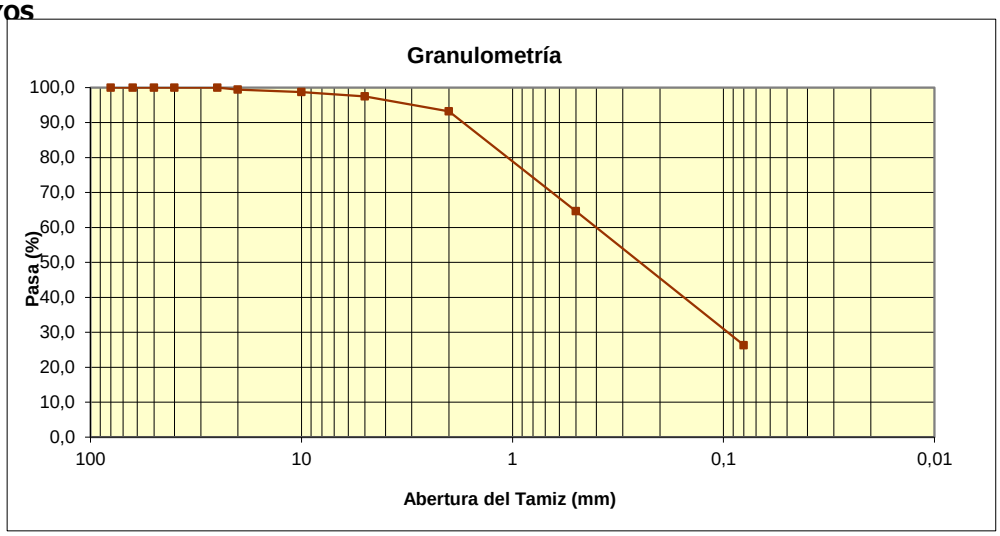
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	99,4
10	98,7
5	97,5
2	93,2
0,5	64,6
0,08	26,3



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,6
	finas	De 4,75 a 19 mm.	1,9
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	4,3
	medias	De 0,425 a 2 mm.	28,6
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	38,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	26,3

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,13

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,693

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5672 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C05
Datos complementarios: Desde 0,0 hasta 0,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

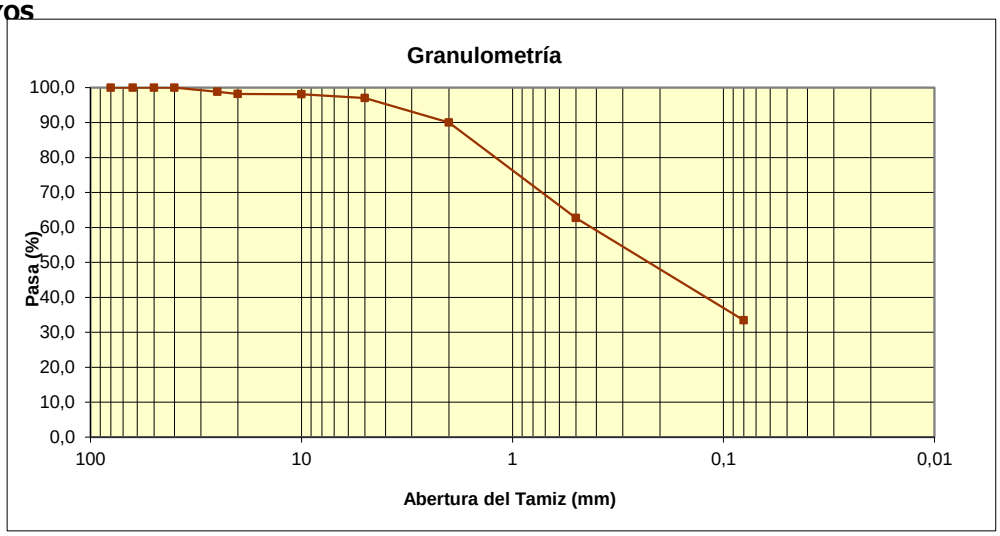
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	98,8
20	98,2
10	98,1
5	97,0
2	90,0
0,5	62,7
0,08	33,4



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	1,8
	finas	De 4,75 a 19 mm.	1,2
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	7,0
	medias	De 0,425 a 2 mm.	27,3
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	29,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	33,4

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	0,48

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,703

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5673 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C06
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

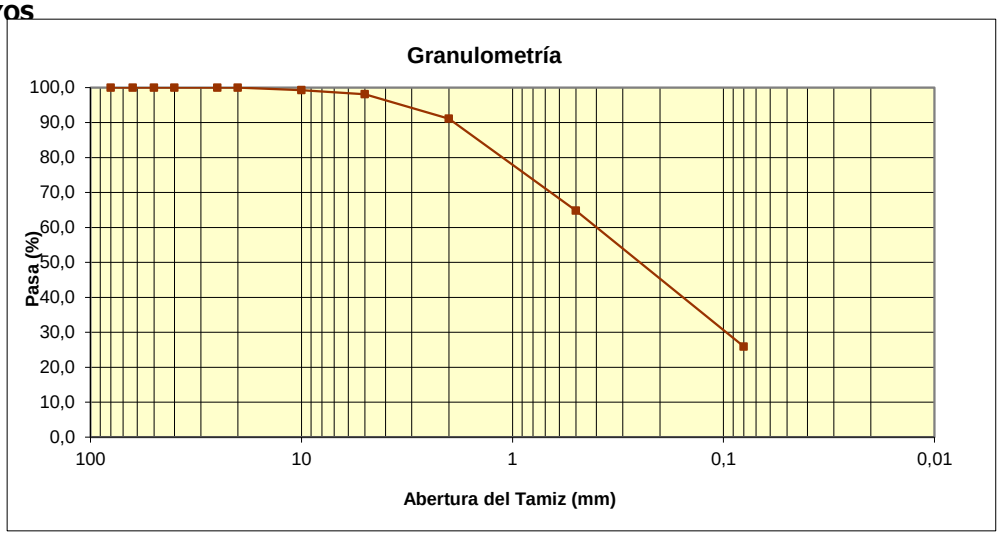
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
10	99,3
5	98,1
2	91,1
0,5	64,8
0,08	25,9



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,0
	finas	De 4,75 a 19 mm.	1,9
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	7,0
	medias	De 0,425 a 2 mm.	26,3
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	38,9
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	25,9

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,14

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,701

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5667 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C07
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

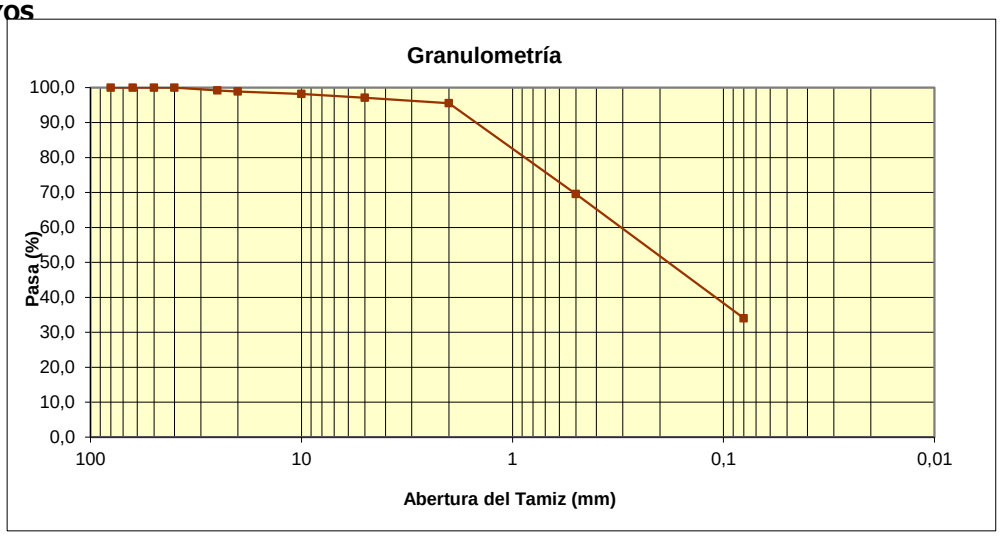
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	99,2
20	98,9
10	98,2
5	97,1
2	95,5
0,5	69,5
0,08	34,0



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	1,1
	finas	De 4,75 a 19 mm.	1,8
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	1,6
	medias	De 0,425 a 2 mm.	26,0
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	35,5
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	34,0

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	0,83

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,698

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5668 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C08
Datos complementarios: Desde 0,3 hasta 0,5 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

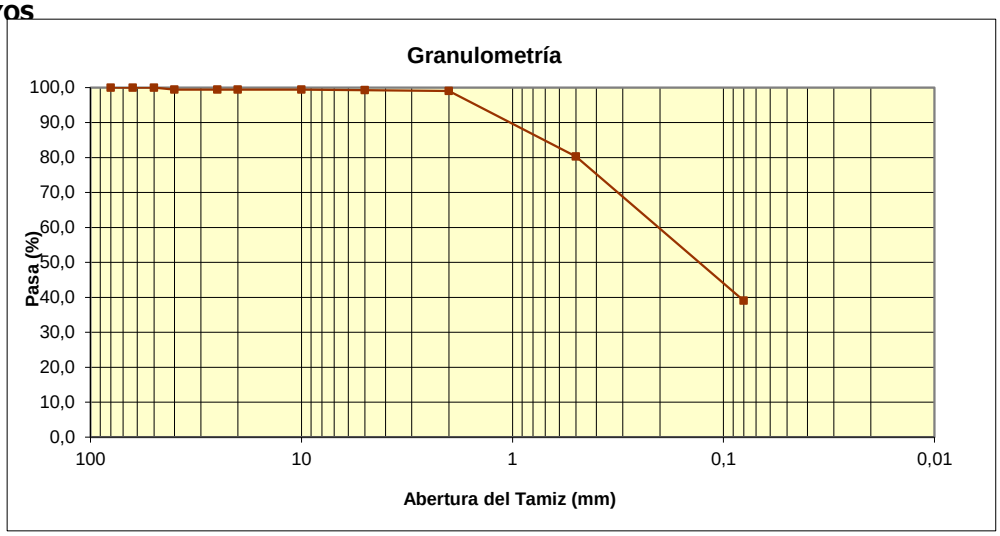
3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	99,4
25	99,4
20	99,4
10	99,4
5	99,3
2	99,0
0,5	80,3
0,08	39,0



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,6
	finas	De 4,75 a 19 mm.	0,1
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	0,3
	medias	De 0,425 a 2 mm.	18,7
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	41,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	39,0

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,20

*** Nota**: Porcentaje de sobre tamaño (Solo indicativo), según manual de carretera, inciso 5.0 "Procedimiento de ensaye". MCV8.102.1_2017.

Clasificación AASHTO
A-4 (0)
-
Clasificación USCS
SM: -

DENSIDAD DE LAS PARTICULAS SOLIDAS (Nch1532)	
Peso específico	2,705

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5668 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	
2. DATOS MUESTRA	
Descripción: Procedencia/Referencia: C08 Datos complementarios: Desde 0,3 hasta 0,5 m. Tipo de muestreo: Calicatas	Método de muestreo: NCh 164 Of.2009 Muestreado por: José Alvarez Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021
3. REGISTRO MUESTRA	
Fecha registro: 20.09.2021	Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

PROCTOR MODIFICADO Nch 1534/2 Of. 1979		
Método empleado		A
Cont. de humedad óptima	[%]	**8,3**
Densidad seca máxima	[g/cm³]	**1,926**
Material retenido en 20 mm	[%]	-
Reemplazo por Probeta	[%]	-

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (CBR) Nch 1852 Of. 1981				
Probetas por Golpe		56	25	10
Método (A, B, C, D)		D	D	D
Sobrecarga	[Kg]	5.085	5.050	5.025
Muestra sumergida (SI / NO)		SI	SI	SI
Densidades de los moldes (g/cm³)				
Dens. Seca pre inmersión		1,93	1,88	1,79
Dens. Seca post inmersión		1,88	1,81	1,70
Humedades de los moldes (%)				
Hum. Antes de compactar		0,12	0,12	0,12
Hum. Después de compactar		8,13	8,40	8,33
Hum. Sup. (25 mm) Post inmersión		11,56	11,75	11,13
Hum. Prom. Post inmersión		11,63	11,59	11,58
Razón de Soporte (CBR)				
Para 0,1" penetración		24,5	17,5	16,5
Para 0,2" penetración		47,5	39,7	31,1
Para 0,3" penetración		56,2	43,6	39,6
Expansión				
Expansión de los moldes	[%]	-0,72	-1,37	-0,43
CBR a 95% D.M.C.S. (CBR a 0,2")		**35,05**		

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5666 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C01
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,366
Densidad Seca g/cm3	1,350
Humedad	1,16

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5669 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C02
Datos complementarios: Desde 0,3 hasta 0,5 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,408
Densidad Seca g/cm3	1,390
Humedad	1,30

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5670 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C03
Datos complementarios: Desde 0,4 hasta 0,6 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,370
Densidad Seca g/cm3	1,358
Humedad	0,87

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5671 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C04
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,409
Densidad Seca g/cm3	1,393
Humedad	1,13

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5672 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C05
Datos complementarios: Desde 0,0 hasta 0,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,388
Densidad Seca g/cm3	1,381
Humedad	0,48

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5673 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C06
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,399
Densidad Seca g/cm3	1,383
Humedad	1,14

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5667 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C07
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,346
Densidad Seca g/cm3	1,335
Humedad	0,83

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5668 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C08
Datos complementarios: Desde 0,3 hasta 0,5 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO DE CONO DE ARENA (NCh 1516. Of.79.)	
Densidad Húmeda g/cm3	1,355
Densidad Seca g/cm3	1,339
Humedad	1,20

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5666 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:	Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Procedencia/Referencia: C01	Muestreado por: José Alvarez
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.	Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021
Tipo de muestreo: Calicatas	

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021	Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg SO_4^{2-}/Kg Suelo	1.692
Sulfatos (SO4)	%	0,169

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	2,37

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	7,96

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5670 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C03
Datos complementarios: Desde 0,4 hasta 0,6 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg SO_4^{2-}/Kg Suelo	1.937
Sulfatos (SO4)	%	0,194

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	1,97

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	7,65

COPIA DE ESTE INFORME ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5672 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C05
Datos complementarios: Desde 0,0 hasta 0,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg SO_4^{2-}/Kg Suelo	1.843
Sulfatos (SO4)	%	0,184

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	2,57

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	7,88

COPIA DE ESTE INFORME ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: HMV -	**EXPEDIENTE: EXP _ HMV _ _SE Roncacho_ MS** MUESTRA Nº: 5667 INFORME Nº: Lab.GCh-542-21 FECHA INFORME: 27.09.2021
PROYECTO/OBRA: SE Roncacho, Pampa Camarones, Arica, XV Región.	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C07
Datos complementarios: Desde 0,1 hasta 0,3 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: José Alvarez
Fecha muestreo/recepción: 12.09.2021

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 20.09.2021

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg SO_4^{2-}/Kg Suelo	1.744
Sulfatos (SO4)	%	0,174

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	3,08

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	8,05

COPIA DE ESTE INFORME ENVIADA A: HMV

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

ANEXO 12: BIBLIOGRAFÍA

Volver al texto

Referencias consideradas en el estudio

ASTM D422-63(2007)e2, (2007), "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Withdrawn 2016)", ASTM International, West Conshohocken, PA, , www.astm.org

ASTM D7263-09, (2009), "Standard Test Methods for Laboratory Determination of Density (Unit Weight) of Soil Specimens", ASTM International, West Conshohocken, PA, www.astm.org

ASTM D2487-11, (2011), "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)", ASTM International, West Conshohocken, PA, , www.astm.org

Norma Chilena Oficial NCh 1508.Of 2008: "Guía de investigación y muestreo de suelos". / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1515.Of 1979: "Mecanica de suelos – Determinación de la humedad". / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1516.Of 79: "Mecánica de suelos –Determinación de la densidad del terreno. Método del cono de arena". / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1517/1.Of 79: "Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: determinación del límite líquido = Soil mechanics - Consistency limits - Part 1: Determination of liquid limit"
/ Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1517/2.Of 79: "Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico = Soil mechanics - Consistency limits - Part 2: Determination of plastic limit" / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1517/3.Of 79: "Mecánica de suelos - Límites de consistencia - parte 3: Determinación del límite de contracción = Soil mechanics - consistency limits - Part 3: Determination of shrinkage limit" / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1532.Of 80: "Mecánica de suelos - Determinación de la densidad de partículas sólidas" / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1534/I.Of 2008: "Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 1: Métodos de compactación con pisón de 2,5 kg y 305 mm de caída = Soil mechanics - Moisture density relatios - Part 1: Compactation methods with 2,5 Kg rammer and 305 mm drop "/ Instituto de Nacional de Normalización (Chile).

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS

Norma Chilena Oficial NCh 1534/II.Of 2008: "Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 kg y 457 mm de caída"/ Instituto de Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1726/I.Of 2009: "Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en suelos no cohesivos – Parte 1: Densidad máxima usando mesa vibradora = Soil mechanics - Determination of the density in cohesionless - Part 1: Maximum density using vibrating table" / Instituto Nacional de Normalización (Chile).

Norma Chilena Oficial NCh 1726/II.Of 2009: "Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en suelos no cohesivos – Parte 1: Densidad minima = Soil mechanics - Determination of the density in cohesionless - Part 1: Minimum density" / Instituto Nacional de Normalización (Chile).
Norma Chilena Oficial NCh 1852.Of 2010. "Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio = Soil mechanics - Determination of the bearing ratio of compacted soil in laboratory" / Instituto Nacional de Normalización (Chile)

Norma Chilena Oficial NCh 3085.Of 2007. "Mecánica de suelos – Métodos de ensayo – Corte directo de suelos bajo condición consolidada drenada = Soil mechanics – Test methods – Direct shear test in consolidated drained condition" / Instituto Nacional de Normalización (Chile)

Norma Chilena Oficial NCh 3129.Of 2007. "Mecánica de suelos – Métodos de ensayo - Determinación de parámetros de consolidación unidimensional de suelos usando carga incremental = Soil mechanics - – Test methods – Determination of one-dimensional consolidation soil parameters using incremental loads" / Instituto Nacional de Normalización (Chile)

Norma Chilena Oficial NCh 3134.Of 2007. "Mecánica de suelos – Metodos de ensayo - Determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos = Soil mechanics - Determination of the unconfined compressive resistance of cohesive soils" / Instituto Nacional de Normalización (Chile)

Norma Chilena Oficial NCh 1508.Of 2008. Mecánica de suelos - Guía para la investigación y muestreo de suelos

Norma Chilena Oficial NCh1509. Mecánica de suelos - Preparación de muestras en estado seco

Norma Chilena Oficial NCh1510. Mecánica de suelos - Preparación de muestras en estado húmedo

Norma Chilena Oficial NCh179. Mecánica de suelos - Símbolos, unidades y definiciones

Norma Chilena Oficial NCh433. Diseño sísmico de edificios

Norma Chilena Oficial NCh1117. Áridos para morteros y hormigones - Determinación de las densidades real y neta y

la absorción de agua de las gravas

Norma Chilena Oficial NCh1444/1. Áridos para morteros y hormigones - Determinación de sales - Parte 1: Determinación de cloruros y sulfatos

Norma Chilena Oficial NCh1515. Mecánica de suelos - Determinación de la humedad

Norma Chilena Oficial NCh1516. Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en el terreno - Método del cono de arena

Norma Chilena Oficial NCh1517/1. Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 1: Determinación del límite líquido

Norma Chilena Oficial NCh1517/2. Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 2: Determinación del límite plástico

Norma Chilena Oficial NCh1517/3. Mecánica de suelos - Límites de consistencia - Parte 3: Determinación del límite de contracción.

Norma Chilena Oficial NCh1532. Mecánica de suelos - Determinación de la densidad de partículas sólidas

Norma Chilena Oficial NCh1534/1. Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 1: Métodos de compactación con pisón de 2,5 kg y 305 mm de caída.

Norma Chilena Oficial NCh1534/2. Mecánica de suelos - Relaciones humedad/densidad - Parte 2: Métodos de compactación con pisón de 4,5 kg y 457 mm de caída
Norma Chilena Oficial NCh1726. Mecánica de suelos - Determinación de las densidades máxima y mínima y cálculo de la densidad relativa en suelos no cohesivos

Norma Chilena Oficial NCh1852. Mecánica de suelos - Determinación de la razón de soporte de suelos compactados en laboratorio. • NCh2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales

Norma Chilena Oficial NCh3085. Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Corte directo de suelos bajo condición consolidada drenada

Norma Chilena Oficial NCh3129. Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Determinación de parámetros de consolidación unidimensional de suelos usando carga incremental

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS

Norma Chilena Oficial NCh3134. Mecánica de suelos - Métodos de ensayo - Determinación de la resistencia a la compresión no confinada de suelos cohesivos

Norma Chilena Oficial NCh3145. Mecánica de suelos - Determinación de la densidad en terreno - Método nuclear

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.1. Suelos: Método para determinar la granulometría

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.2. Suelos: Método para determinar el contenido de humedad

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.3. Suelos: Método para determinar el límite liquido

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.4. Suelos: Método para determinar el límite plástico

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.5. Suelos: Método para determinar el límite de contracción

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.6. Suelos: Método para determinar la relación humedad/densidad- Ensaye Proctor Normal

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.7. Suelos: Método para determinar la relación humedad/densidad - Ensaye Proctor Modificado

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.8. Suelos: Método para determinar la densidad relativa en suelos no cohesivos

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.9. Suelos: Método del cono de arena para determinar la densidad en terrenos

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.10. Suelos: Método para determinar la densidad de partículas sólidas

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.11. Suelos: Método de ensaye CBR (Razón de soporte de California)

BIBLIOGRAFÍA

NORMAS Y DOCUMENTOS TÉCNICOS

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.12. Suelos: Método de ensaye con penetrómetro dinámico de cono portátil

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.13. Suelos: Método de ensaye de placa de carga repetida (Suelos y Pavimentos flexibles)

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.14. Suelos: Método de ensaye de placa de carga no repetida (Suelos y Pavimentos flexibles)

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.15. Suelos: Método para dosificar bases y gravas tratadas con cemento

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.16. Suelos: Método de control de bases y gravas tratadas con cemento

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.17. Suelos: Método para determinar el contenido de cemento por titulación en mezclas estabilizadoras con cemento

Manual de Carreteras Volumen 8 – Ministerio de Obras Públicas. 8.102.18. Suelos: Método para evaluar el uso de estabilizadores químicos.

Código técnico de la edificación (Ministerio de vivienda, España, 2006)

Ingeniería geotécnica - **González de Vallejo** et al, **2002**

TRANSELEC. ETG A.0.10 – Estudios de Mecánica de Suelos y Diseño de Fundaciones para Estructuras Autosoportantes de Líneas de Transmisión y de Subestaciones

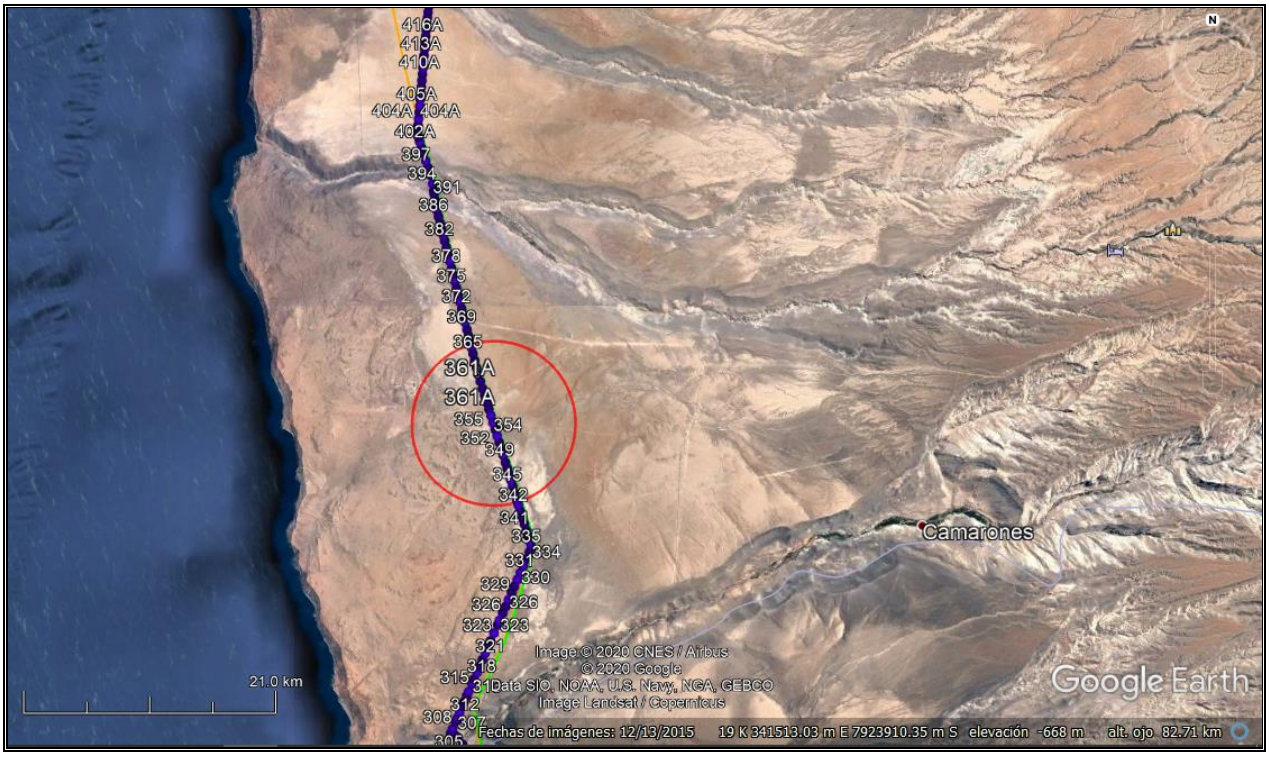
TRANSELEC. ETG A.2.03 – Criterios de Diseño de Fundaciones de Estructuras Autosoportantes de Líneas de Transmisión

Enel/Endesa. ETG 5221 – Especificaciones Técnicas Generales – Construcción de Fundaciones para Estructuras de Líneas de Transmisión y Subestaciones de Alta Tensión

ANEXO 13: INFORME DE SUELOS ASOCIADO

Volver al texto

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
SE RONCACHO
COMUNA DE ARICA, REGIÓN DE ARICA Y PARINACOTA



PETICIONARIO: ENGIE

CONTROL DOCUMENTAL					
Rev	**Descripción**	**Autor**	**Comprobado**	**Aprobado**	**Fecha**
00	PRIMERA EDICIÓN	K. Martínez	R. Hdez.	R. Hdez.	25-06-20

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 8
1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 8
1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO 8
2 GEOLOGÍA 9
2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL 9
2.2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL 9
3 CLIMA, HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA LOCAL 10
3.1. CLIMA 10
3.2. HIDROLOGÍA 11
3.3. HIDROGEOLOGÍA 12
4 TRABAJOS REALIZADOS 13
4.1. TRABAJOS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN DE LOS MISMOS 14
4.1.1 CALICATAS 14
4.1.2 SONDEO ELÉCTRICOS VERTICALES 16
4.1.3 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD IN SITU 17
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO 19
5 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN TERRENO 20
5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS 20
5.2 INTERPRETACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES 22
5.3 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD 23
6 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO 25

6.1 ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN 25
6.2 ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN QUÍMICA EN SUELOS 26
6.3 ENSAYOS DE COMPACTACIÓN 26
7 RIESGOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS 27
8 SISMICIDAD 28
9. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 29
9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG) 29
9.2. PARÁMETROS DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG) 29
10 DISEÑO DE FUNDACIONES 31
10.1 TIPO DE FUNDACIONES 31
10.2 CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTADO LÍMITE DE DAÑOS 32
10.3 CARGAS DE TRABAJO PARA ASIENTOS TOLERABLES 35
11 CONSTANTE DE BALASTO DE CIMENTACIONES 39
12 CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EMPUJE 41
13 GIRO DE FUNDACIONES 45
13.1 CAPACIDAD DE SOPORTE Y GIRO MÁXIMO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES 46
14 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 47
14.1 EXCAVACIONES 47
14.2 ESCARPES Y NIVELACIÓN 51
14.3 TALUDES DE LAS EXCAVACIONES 51
14.4 RELLENOS PARA RADIERES Y PAVIMENTOS 52
14.5 RELLENOS PARA PAVIMENTOS VEHICULARES 54

14.6 RELLENOS DE CONFINAMIENTO 55
14.7 AGRESIVIDAD DEL TERRENO Y AL HORMIGÓN 56
14.8 APROVECHAMIENTO DE LAS UG IDENTIFICADAS. 58
14.9 APROVECHAMIENTO DE LAS UG RECONOCIDAS 59
14.10 TRATAMIENTO DE SELLOS DE FUNDACIÓN 63
15 CONCLUSIONES 64
ANEXOS 66
ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 67
ANEXO 2: GEOLOGÍA 68
ANEXO 3: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO. 69
ANEXO 4: ACTAS DE LAS CALICATAS. 70
ANEXO 5: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES. 71
ANEXO 6: ACTAS DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN 72
ANEXO 7: ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO. 73
ANEXO 8: CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS TOLERABLES. 82
ANEXO 9: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO 85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperatura local (fuente: climate.org) 10
Figura 2: perfil longitudinal parcela 11
Figura 3: Mapa hidrogeológico de Chile 12
Figura 4: Excavación para ensayo de infiltración Porchet. 17
Figura 5: Modelo geotécnico del terreno a efectos de cálculo de la capacidad portante 32
Figura 6: Grafica incremento de capacidad portante en cimentación superficial a 0.7 m de profundidad. 33
Figura 7: Bulbo de presiones para zapatas escalonadas contiguas. 34
Figura 8: ábacos para encontrar los factores alfa ecuación factor de influencia Steinbrenner (Taylor y Matyas 1983) 36
Figura 9: Correlación factor de influencia Steinbrenner según módulo de poisson. 37
Figura 10: Perfil longitudinal 48
Figura 11: Perfil transversal 48
Figura 12: Corte - relleno 49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ubicación de las calicatas y profundidades alcanzadas (WGS 19K). 15
Tabla 2: Ubicación de los sondeos eléctricos verticales (WGS 19K). 16
Tabla 3: Ubicación y profundidad de los ensayos de permeabilidad (WGS 19K). 18
Tabla 4: Ensayos de laboratorio realizados. 19
Tabla 5: Columna estratigráfica sintética de las calicatas. 20
Tabla 6: Profundidad roca encontrada en calicatas. 21
Tabla 7: Valores de resistividades reales y espesores medidos 22

Tabla 8: Ensayo de permeabilidad realizado y resultados obtenidos. 23
Tabla 9: Valores típicos de la conductividad hidráulica (Coduto, 1999)....23
Tabla 10: Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994)....24
Tabla 11: Resumen ensayos de identificación y clasificación de suelos. 25
Tabla 12: Resumen ensayos cono de arena 25
Tabla 13: Ensayos químicos en muestras de suelo 26
Tabla 14: Ensayos de compactación. 26
Tabla 15: Zona sísmica y sus valores de aceleración efectiva y máxima asociados. 28
Tabla 16: Parámetros sísmicos de la parcela NCh 2369 Of.2003. 28
Tabla 17: Parámetros sísmicos de la parcela NCh 433 Of.96, modificada por el DS61. 28
Tabla 18: Descripción sintética de las Unidades Geotécnicas identificadas en la zona de estudio. 29
Tabla 19: Parámetros Geotécnicos de Cálculo Establecido....30
Tabla 20: Parámetros referenciales para el diseño de fundaciones según la ETG-A.0.10 Ed.2. 30
Tabla 21: Cap. de carga a límite de rotura para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática. 33
Tabla 22: Cap. de carga a límite de rotura para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática. 33
Tabla 23: Carga de trabajo para zapatas rígidas apoyada en UG2 con asientos <2.5 cm. 38
Tabla 24: Carga de trabajo para losas flexibles apoyada en UG2 con asientos <5.0 cm. 38
Tabla 25: Valores del Módulo de Balasto k30 de uso recomendado. 39
Tabla 26: Valores coeficiente de balasto para suelos granulares y una fundación superficial cuadrada de 1 m. ..40
Tabla 27: Memoria de cálculo con propuestas de distintas fundaciones superficiales....46
Tabla 28: Rendimiento equipo excavación para cada UG. 47
Tabla 29: Volumen corte - relleno 50
Tabla 30: Diseño de los taludes con altura inferior a 3.0 m. 51

Tabla 31: Granulometría de material para relleno bajo pavimentos y radier. 52

Tabla 32: clasificación de la exposición del hormigón por sulfatos, Nch170.....56

Tabla 33:Requisitos del cemento y hormigón según el grado de exposición, Nch170.....56

Tabla 34: Recubrimiento libre mínimo para hormigones expuestos a sulfatos 57

Tabla 35: Uso de suelos para sub-rasante, sub-base o base según CBR. 58

Tabla 36: Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR 58

Tabla 37: Ensayos a realizar según el uso del relleno. 60

Tabla 38: Especificaciones granulométricas y de compacidad de los rellenos según su uso. 61

Tabla 39: Uso de las UG según sus parámetros físicos.....62

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

A solicitud de la empresa ENGIE, se ha realizado el presente informe de mecánica de suelos, el cual establece las condiciones del terreno desde el punto de vista geológico-geotécnico para el proyecto de construcción de la subestación elevadora Roncacho, ubicado en la comuna de Arica, Región de Atacama.

En el Anexo 1, se adjunta imagen satelital con la ubicación de la zona de estudio y una vista aérea general.

1.2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos de este estudio han sido los siguientes:

- Definición de las características geotécnicas del terreno susceptible de ser afectado por la fundación (identificación de las unidades geotécnicas, parámetros geotécnicos, excavabilidad, estabilidad de las excavaciones, presencia de agua subterránea, capacidad de drenaje, etc.), según la prospección solicitada.
- Tipología de la cimentación más adecuada para las diferentes estructuras del proyecto.
- Carga admisible del terreno.
- Asientos esperados.
- Aptitud del terreno para ser empleado en rellenos.
- Riesgos geológicos
- Estabilidad de taludes.
- Identificación de Riesgos geológicos y geotécnicos y medidas de mitigación.

2 GEOLOGÍA

2.1. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Dado que no es el objeto de este estudio entrar en detalle de la geología regional se hará una breve descripción de ésta.

Según se indica en el Mapa Geológico de Chile (1:1.000.000) del SERNAGEOMIN, la zona se encuentra conformada por depósitos coluviales aluviales antiguos y eólicos que aparecen cubriendo las rocas sedimentarias predominantemente clásticas de edad Mioceno inferior-Mioceno superior (Mimd) de la formación El Diablo. El detalle del mapa geológico puede ser consultado en el Anexo 2

2.2. MARCO GEOLÓGICO LOCAL

La zona donde se ubica el proyecto no presenta complejidad desde el punto de vista geológico, como podemos observar en el mapa geológico incluido en el Anexo 2.

Según el Mapa Geológico de Chile (1:1.000.000) del SERNAGEOMIN, publicada por el Servicio Nacional de Geología y Minería (Subdirección Nacional de Geología), la zona se encuentra conformada por depósitos sedimentarios eólicos que aparecen cubriendo a rocas sedimentarias continentales de tipo areniscas de la formación El Diablo.

Depósitos eólicos (Qe):

Estos depósitos corresponden a sedimentos tamaño arena y limo, depositados en los faldeos de cerros y zonas cercanas a estas, correspondiendo a depósitos coluviales aluviales antiguos y eólicos que cubren los faldeos de los cerros y antiguos lechos de ríos.

Formación El Diablo (Mimd):

Secuencia sedimentaria fluvial y lacustre, constituida por areniscas de grano fino a medio con intercalaciones de niveles conglomeráticos, de color pardo rojizo a grisáceo. Expuestas en la confluencia de las quebradas El Diablo y Azapa.

3 CLIMA, HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA LOCAL

3.1. CLIMA

El clima de Arica es desértico. Muy pocas precipitaciones durante el año. Este clima es considerado BWh según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Arica, la temperatura media anual es de 18.7 °C.

Con una temperatura media de 22.3 °C, febrero es el mes más caluroso del año. julio tiene la temperatura promedio más baja del año con un promedio de 15.6 °C.

Figura 1: Temperatura local (fuente: climate.org)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	21.9	22.3	21.2	19.6	17.8	16.7	15.6	15.7	16.5	17.5	19	20.4
Temperatura min. (°C)	18	18.4	17.3	15.7	14.5	14	12.3	12.9	13.4	14.4	15.7	16.7
Temperatura máx. (°C)	25.8	26.2	25.1	23.5	21.2	19.5	19	18.5	19.6	20.7	22.3	24.2
Precipitación (mm)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

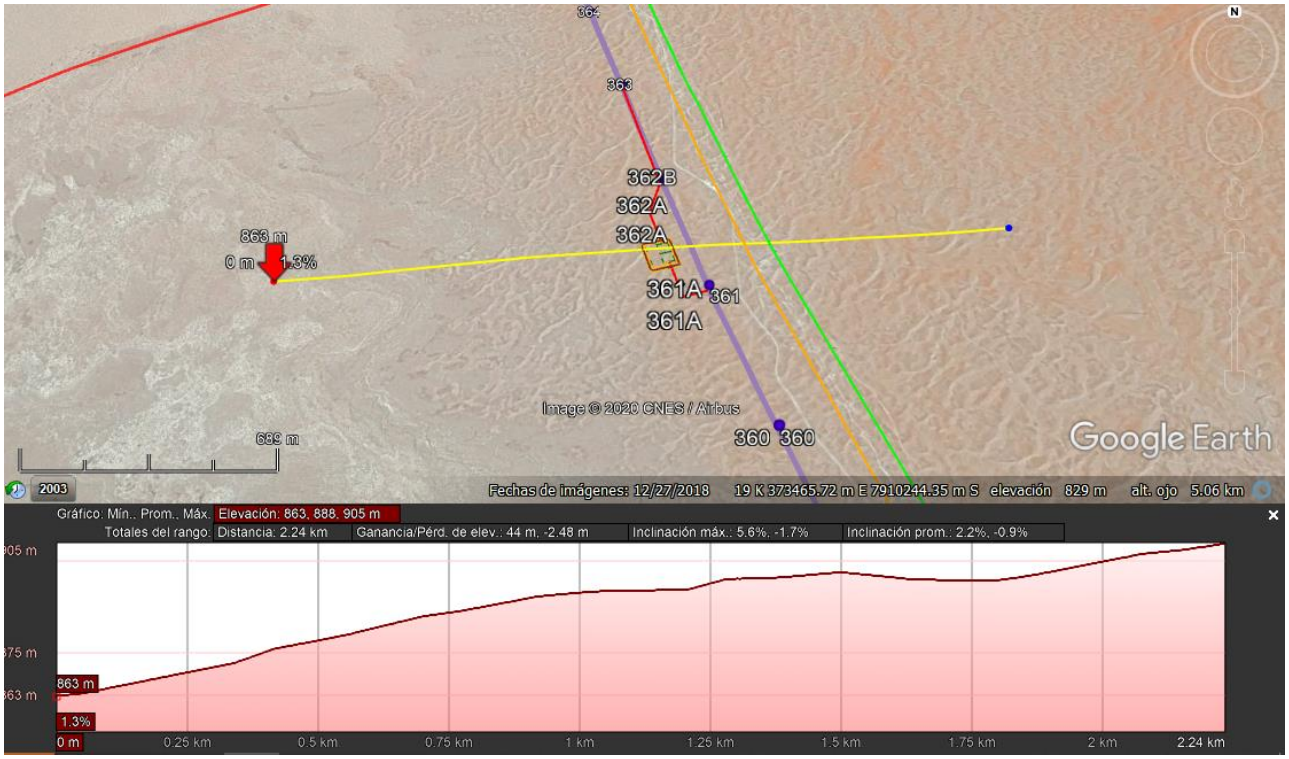
Data: 1982 - 2012

3.2. HIDROLOGÍA

De forma local, la zona de estudio se encuentra en una llanura junto a una ladera en el lado sur. La parcela presenta una pendiente media de aproximadamente 1.8% ascendente hacia el lado este de la parcela, por lo que el drenaje por escorrentía es medio a alto.

Litológicamente el terreno es granular por lo que se estima una capacidad de infiltración media.

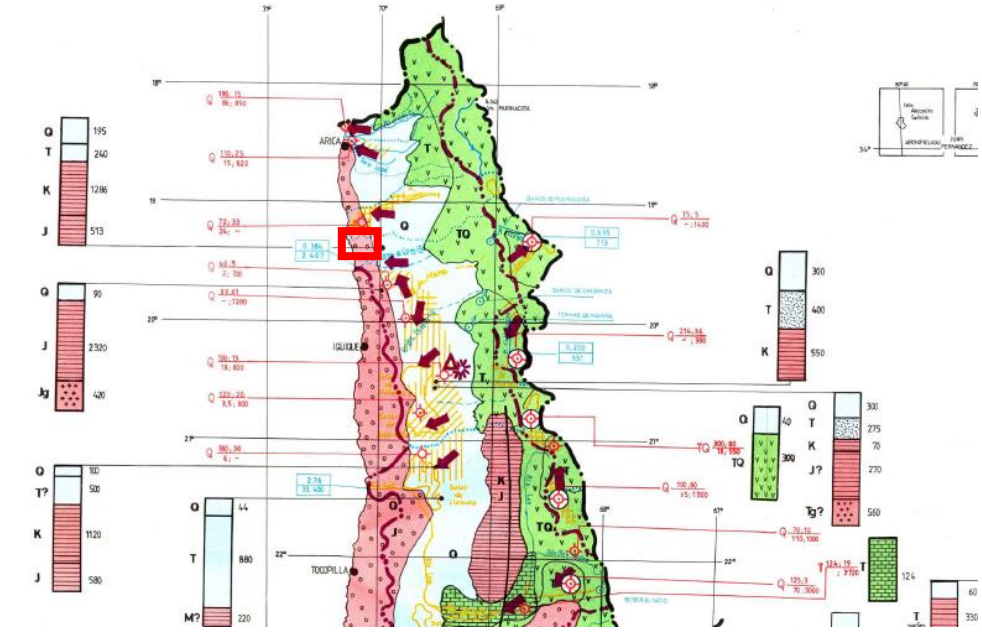
Figura 2: perfil longitudinal parcela



3.3. HIDROGEOLOGÍA

A escala local, en la zona de estudio, y según las calicatas y sondeos eléctricos verticales realizados el nivel freático no se detecta en el sector más bajo de la parcela.

Figura 3: Mapa hidrogeológico de Chile



MUY BAJA A AUSENTE (Roca)		MUY BAJA	Qv TQ T C	ROCAS VOLCANICAS. Coladas y depósitos piroclásticos riolíticos, dacíticos, andesíticos y basálticos, asociados a volcanes antiguos bien conservados o activos. Cordillera de Los Andes.
		MUY BAJA	Q, Q. J JKT	AFLORAMIENTOS DE ROCAS MIXTAS. Rocas sedimentario - volcánicas con cubierta discontinua de depósitos no consolidados. Acuíferos inexistentes por falta de recarga. Norte Grande.
		MUY BAJA	T K J M PzM	ROCAS MIXTAS SEDIMENTARIO - VOLCANICAS. Coladas, brechas e ignimbritas con intercalaciones de lutitas, arenisca y conglomerados. Se consideran basamento de los acuíferos. Abarcan zonas cordilleranas.
		NULA	Kg, KTg JKg, JTg Hg Pzg	ROCAS PLUTONICAS E HIPABISALES. Intrusivos graníticos. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera de los Andes.
		NULA	Pz	ROCAS METAMORFICAS. Metareniscas, pizarras, filitas, esquistos, gneises, anfibolitas. Basamento impermeable. Cordillera de la Costa, Cordillera Andina Patagónica.

4 TRABAJOS REALIZADOS

Para la caracterización geológico-geotécnica en el área de emplazamiento de la planta se ha efectuado un programa de reconocimientos del terreno mediante calicatas, ensayos de permeabilidad, sondeos eléctricos verticales, etc, además de mencionar que en las calicatas realizadas se obtuvieron muestras para realizar ensayos de laboratorio con el fin de caracterizar geotécnicamente el terreno.

Los registros de los reconocimientos en terreno y las actas de laboratorio se adjuntan en los anexos de este documento.

Por último, destacar que la metodología seguida para la realización de los ensayos de terreno y laboratorio se han seguido las directrices marcadas por:

- NCh1508, of. 2.014. Geotecnia, Mecánica de suelos. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, SERVIU. Sociedad Chilena de Geotecnia.
- Manual de carreteras 2.018. Volumen 2 y 8. Ministerio de Obras Públicas.
- Norma Chilena Oficial NCh 2369 Of.2009, Diseño Sísmico de estructuras e Instalaciones, Instituto Nacional de Normalización, 2009.
- Norma Chilena Oficial NCh 433 Of.96, Diseño Sísmico de edificios, Instituto Nacional de Normalización, 1996, modificada por el decreto Supremo N°61, publicado en diciembre de 2011.
- Aquellas partes de los ensayos que no aparecen recogidos por las normas anteriormente mencionadas se han realizado siguiendo lo indicado en el Eurocódigo EN 1997, UNE-ENV 1997-2 "*Geotechnical design. Design assisted by laboratory testing*" y UNE-ENV-1997-3 "*Geotechnical design. Design assisted by field-testing*".

Referencia Normas ASTM

- Límite de consistencia ASTM D4318
- Granulometría por tamizado ASTM D421
- Humedad Natural ASTM D2216
- Peso unitario ASTM D2937
- Proctor modificado ASTM D1557
- CBR ASTM D1883

En lo que sigue se enumeran y describen los trabajos de campo realizados.

4.1. TRABAJOS DE CAMPO Y LOCALIZACIÓN DE LOS MISMOS

4.1.1 CALICATAS

Las calicatas son excavaciones en pozo o zanja que permiten la inspección visual y el acceso directo al terreno para la toma de muestras, donde también es posible realizar ensayos “in situ”.

Mediante el empleo de retroexcavadora y abarcando la superficie del proyecto, en los puntos seleccionados, se realizaron un total de nueve (9) calicatas.

Para la ejecución de las calicatas se realizó una zanja en el terreno de dimensiones reducidas y de manera ordenada para permitir identificar los distintos niveles de terreno y la toma de muestra de cada uno de ellos.

En el Anexo 3 se adjunta imagen con la ubicación de las calicatas realizadas.

Indicar que la ubicación de las coordenadas se realizó con GPS que puede presentar una precisión de +/- 5.0 m y que el nivel de referencia para las profundidades es la rasante del terreno en la fecha en la que se realizaron los trabajos de campo. En el apartado 5.1 se discuten los resultados obtenidos en las calicatas y en el Anexo 4 se recogen las actas con las descripciones estratigráficas y fotografías de las calicatas. La siguiente tabla detalla la ubicación de las calicatas, profundidades alcanzadas y las profundidades de las muestras obtenidas.

Tabla 1: Ubicación de las calicatas y profundidades alcanzadas (WGS 19K).

CALICATAS REALIZADAS					
CALICATA	UTM ESTE	UTM SUR	Profundidad Alcanzada (m)	Profundidad Muestra (m)	
				Desde	Hasta
C-01	376.013	7.908.765	1,2	--	--
C-02-A	376.084	7.908.753	2,4	--	--
C-02-B	376.055	7.908.760	0,5	--	--
C-03	376.077	7.908.722	2,3	--	--
C-04-A	376.012	7.908.726	1,8	1,0	1,2
C-04-B	376.030	7.908.726	0,5	--	--
C-05-A	376.063	7.908.664	1,0	0,7	0,9
C-05-B	376.044	7.908.684	0,5	--	--
C-06	376.088	7.908.690	1,5	1,2	1,4

Nota: no fue posible alcanzar la profundidad proyectada de tres (3) metros en todas las calicatas, debido a que se llegó a niveles muy densos, los cuales no permitieron seguir con las excavaciones, por esto, se realizaron calicatas en ubicaciones cercanas para realizar una exploración más amplia y garantizar una mayor profundidad de excavación.

4.1.2 SONDEO ELÉCTRICOS VERTICALES

Los sondeos eléctricos verticales también conocidos por su acrónimo SEV son técnicas de prospección geofísica basadas en métodos eléctricos, que permiten evaluar la resistividad media del subsuelo mediante la medición de una diferencia de potencial entre dos electrodos situados en la superficie. Entre sus aplicaciones se encuentra la de conocer la resistividad del terreno al paso de una corriente eléctrica.

El equipo empleado ha sido un CA6470N TERCA de la casa comercial en Europa Chauvin-Arnoux y en América AMEC.

Se realizaron un total de cuatro (4) ensayos según el método Wenner. Indicar que la ubicación de los ensayos se realizó con GPS que puede presentar una precisión de +/- 5.0 m. La longitud de los perfiles si es un dato exacto al haber sido medidos con cinta métrica indeformable.

La siguiente tabla muestra las coordenadas centrales de los puntos de medición y además en el apartado 5.2 se discuten los resultados obtenidos en los ensayos y en el Anexo 5 se recogen las actas con los diagramas de resistividad además de la tabla de ubicación de éstos.

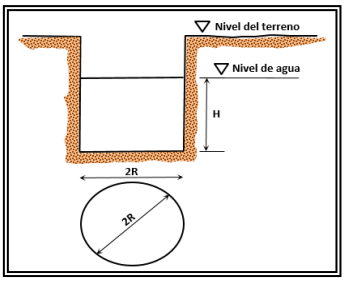
Tabla 2: Ubicación de los sondeos eléctricos verticales (WGS 19K).

ENSAYO	PUNTO CENTRAL		Longitud (m)	ORIENTACIÓN
	UTM ESTE	UTM SUR		
SEV-01	376.013	7.908.765	30	N-S
SEV-02	376.055	7.908.760	30	E-O
SEV-03	376.077	7.908.722	30	N-S
SEV-04	376.044	7.908.684	30	E-O

4.1.3 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD IN SITU

La metodología de este tipo de ensayos consiste en realizar una excavación cilíndrica de profundidad y área conocida (como se observa en la figura), por lo general con 50 cm de profundidad y diámetro de 30 cm. Esta excavación se realizar en el nivel del que queremos conocer su permeabilidad y puede ser en el interior de una calicata. La siguiente tabla muestra las coordenadas en donde se realizaron los ensayos y además en el apartado 5.3 se discuten los resultados obtenidos en los ensayos y en el Anexo 6 se recogen las actas con los resultados e imágenes del ensayo.

Figura 4: Excavación para ensayo de infiltración Porchet.



- En dicha excavación se vierte agua en contenido suficiente para que el suelo se sature (alcance la capacidad de campo).
- Una vez saturado el suelo se coloca una regleta graduada completamente vertical a la excavación.
- Se procede a llenar con agua la excavación hasta la superficie.
- Se miden los tiempos, por lo general entre 1 y 5 minutos, y la altura en mm del nivel.
- Las mediciones se realizan durante al menos una hora o hasta que nivel descienda hasta la cota final de la excavación

Tabla 3: Ubicación y profundidad de los ensayos de permeabilidad (WGS 19K).

ENSAYOS DE PERMEABILIDAD				
PORCHET	**CALICATA**	**UTM ESTE**	**UTM SUR**	**Profundidad Ensayo (m)**
PRM-01	C-01	376.013	7.908.765	0,0
PRM-02	C-06	376.088	7.908.690	0,5

4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre las muestras de las calicatas, se han realizado ensayos de laboratorio, seleccionando para ello las profundidades y tramos de los reconocimientos más interesantes, tendentes a la caracterización de los materiales presentes en el área de estudio, a su reutilización como material de rellenos, y a la determinación de su capacidad portante como nivel de apoyo de cimentaciones y de estructuras de tierra.

Las actas de los ensayos de laboratorio realizados se adjuntan en los apéndices al final del documento.

Tabla 4: Ensayos de laboratorio realizados.

ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS	
Ensayos de Identificación y Clasificación	**Cantidad**
Clasificación USCS (ASTM D2487:2011)	3
Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	3
Análisis Granulométrico (MCV8_88.102.1_2017)	3
Límites de Atterberg (NCh 1517/1-2 Of.79)	3
Humedad (NCh 1515 Of.79)	3
Densidad in Situ. Ensayo de cono de Arena. MC8.102.9:2014 (NCh 1516. Of.79.) o ASTM D-3017-05	3
Ensayos de compactación	**Cantidad**
Ensayo de apisonado por el método de Proctor Modificado. (NCh 1534/2 Of1979)	2
Razón de soporte con hinchamiento. CBR NCh 1852/2 Of81	2
Ensayos Químicos	**Cantidad**
Determinación del contenido de sulfatos (NCh 1444. Of80)	2

La discusión de los resultados obtenidos se recoge en el Capítulo 6 y las actas de resultados en el Anexo 9.

5 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN TERRENO

5.1 Perfil estratigráfico de las calicatas

En la campaña de calicatas y de forma sintética se distinguen tres estratos con continuidad lateral y espesor más o menos constante. La columna estratigráfica de menor a mayor profundidad se resume en la siguiente tabla, en ella se refleja a la profundidad donde aparece la Unidad Estratigráfica (UE) como término medio, y el espesor promedio que se ha medido en las calicatas. Las actas con los perfiles estratigráficos detallados y fotografías de las calicatas se adjuntan en el Anexo 4.

Tabla 5: Columna estratigráfica sintética de las calicatas.

Unidad Estratigráfica	Desde (m)	Hasta (m)	Espesor medio (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA
U.E.1	0,0	0,2	0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.
U.E.2	0,2	2,1	0,8	ARENA LIMOSA de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente a profundidad variando de firme a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. En general el estrato presenta grado de cementación muy alto. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.
U.E.3	0,1	N/A	N/A	ROCA SANA de color gris. No ripable con excavadora.

Podemos concluir del análisis de las calicatas que la parcela presenta el siguiente perfil estratigráfico en los primeros 2,1 m:

- UE1: ARENA LIMOSA (chusca). Según la USCS se clasifica entre los tipos de SM. Su espesor medio es de 0,2 m.
- UE2: ARENA LIMOSA muy cementada. Según la USCS se clasifica como SM. Su espesor medio es superior a 0,8 m.
- UE3: ROCA SANA, la profundidad de aparición varía desde los 0,1 m y 2,1 m.

En la parcela se ha encontrado un basamento rocoso (UG3) sin una profundidad definida ni una relación geoespacial representativa. Por lo que en la siguiente tabla se expone la profundidad a la cual se visualiza la aparición de este macizo rocoso.

Tabla 6: Profundidad roca encontrada en calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD DE LA ROCA (m)
C-01	1,0
C-02-A	2,1
C-02-B	0,2
C-03	2,0
C-04-A	1,5
C-04-B	0,2
C-05-A	0,7
C-05-B	0,1
C-06	1,2

5.2 Interpretación de los sondeos eléctricos verticales

Los ensayos SEV se realizaron un arreglo de longitud AB de 30 m.

Los ensayos se interpretaron con el *software* IPI2Win 3.0.1 de la Universidad de Moscú con un error de correlación con las curvas tipo de Orellana-Mooney inferior en algunos casos al 10.0%.

Los datos de campo y la curva de resistividad aparente obtenida en terreno se adjuntan en el anexo 5.

De los ensayos realizados y hasta la profundidad prospectada se desprende la existencia de un modelo de terreno multicapa que para efectos de cálculo y, según los resultados obtenidos en las calicatas, se ha simplificado a tres capas.

Tabla 7: Valores de resistividades reales y espesores medidos

Capa	ρ (Ohm*m)	Desde (m)	Hasta (m)	Interpretación
1	100 – 1400	0,0	-0,6	Chusca descomprimida
2	4.000 – 7.000	-0,6	-1,4	Suelo con precipitación de sales
3	100 – 500	-1,4	-∞	Roca

Podemos concluir

- Que los primeros centímetros del terreno presentan resistividades representativas de suelos descomprimidos.
- Se observa una capa con alta resistividad asociada a un estrato con presencia de sales.
- Aparece un manto rocoso representado en la capa 3, con resistividades menores a 500 ohm-m.

5.3 Interpretación de los ensayos de permeabilidad

Para el caso de los ensayos de permeabilidad tipo *Porchet* a partir de la siguiente fórmula se obtiene el valor de la permeabilidad en mm/h lo que se puede transformar a cm/s.

$$F = \frac{R}{2 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \mathrm{Ln}\left(\frac{2 \cdot H_1 + R}{2 \cdot H_2 + R}\right)$$

Los datos de las lecturas y resultados se adjuntan de forma detallada en el Anexo 6. Se resume en la tabla los ensayos realizados y los resultados obtenidos.

Tabla 8: Ensayo de permeabilidad realizado y resultados obtenidos.

Ensayo Tipo Porchet	Profundidad m	Permeabilidad (mm/h)	Permeabilidad (cm/s)
P-1	0,0	320	$8{,}9 \times 10^{-3}$
P-2	1,0	291	$8{,}1 \times 10^{-3}$

Tabla 9: Valores típicos de la conductividad hidráulica (Coduto, 1999)

Tabla 4.3. Valores típicos de la conductividad hidráulica (Coduto, 1999).

Tipo de suelo	Conductividad hidráulica cm/s
Grava limpia	1 a 100
Arena y grava mezclada	10^{-2} a 10
Arena gruesa limpia	10^{-2} a 1
Arena fina	10^{-2} a 10^{-1}
Arena limosa	10^{-3} a 10^{-2}
Arena arcillosa	10^{-4} a 10^{-2}
Limo	10^{-8} a 10^{-2}
Arcilla	10^{-10} a 10^{-6}

Tabla 10: Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994)

Tabla 4.4. Grado de permeabilidad del suelo (Whitlow, 1994).

Grado de permeabilidad	Conductividad hidráulica cm/s
Elevada	Superior a 10^{-1}
Media	10^{-1} a 10^{-3}
Baja	10^{-3} a 10^{-5}
Muy baja	10^{-5} a 10^{-7}
Practicamente impermeable	menor de 10^{-7}

En conclusión, los resultados obtenidos corresponden a arenas limosas correspondientes a la litología encontrada y el terreno clasifica con una permeabilidad media/baja. Se observa que la permeabilidad disminuye en profundidad llegando al basamento, el cual se considera impermeable.

6 INTERPRETACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

6.1 Ensayos de Identificación y Clasificación

En la siguiente tabla se recogen los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelos obtenidas en las calicatas.

Tabla 11: Resumen ensayos de identificación y clasificación de suelos.

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	Clasificación USCS	CARACTERÍSTICAS DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICAS			PLASTICIDAD LÍMITES DE ATTERBERG			PARÁMETROS DE ESTADO NATURAL		
				Gravas	Arena	Finos	LL	LP	IP	Densidad Húmeda	Densidad Seca	Humedad
										ρt	ρd	W
				(%)	(%)	(%)				(t/m³)	(t/m³)	(%)
C4A	1,0	1,2	SM	7	60	33	-	-	NP	-	-	1,3
C5A	0,7	0,9	SM	5	65	30	-	-	NP	-	-	1,6
C6	1,2	1,4	SM	1	64	35	-	-	NP	-	-	1,0

Tabla 12: Resumen ensayos cono de arena

PROCEDENCIA	PROFUNDIDAD		DENSIDAD HÚMEDA	DENSIDAD SECA	HUMEDAD
	DESDE	HASTA	g/cm³	g/cm³	%
CDA1-C1	0,7	0,9	1,21	1,20	0,76
CDA2-C4	1,0	1,2	1,36	1,36	0,48
CDA3-C6	0,8	1,0	1,36	1,34	0,94

6.2 Ensayos de caracterización química en suelos

Los ensayos químicos realizados están encaminados en determinar la agresividad que puede presentar el suelo en contacto con el acero y el hormigón.

Tabla 13: Ensayos químicos en muestras de suelo

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	ANÁLISIS QUÍMICO
			Sulfatos (SO_4) %
C5A	0,7	0,9	0,158
C6	1,2	1,4	0,199

6.3 Ensayos de Compactación

Se realizaron ensayos de compactación en muestras obtenidas en las calicatas para conocer la aptitud del terreno para su uso en rellenos estructurales con los siguientes resultados.

Tabla 14: Ensayos de compactación.

Prospección	Desde (m)	Hasta (m)	PROCTOR MODIFICADO		CBR (Al 95% de la D.M.C.S.
			D.M.C.S.	W% optima	
			(t/m^3)	(%)	(%)
C4A	1,0	1,2	1,984	8,6	21
C6	1,2	1,4	1,976	9,0	27

7 RIESGOS GEOLÓGICOS - GEOTÉCNICOS

Dadas las condiciones geológicas, geomorfológicas y topográficas de la zona de estudio se reconocen los siguientes Peligros Geológicos Potenciales:

- **Sismos de gran magnitud**, el proyecto está emplazado en la zona 3 según la norma Nch433, por lo tanto, hay un riesgo de probabilidad de ocurrencia muy alta, lo que conlleva tener en cuenta en el diseño de las estructuras lo relativo al diseño sísmico de las mismas para el emplazamiento de proyecto.

Por la litología, ubicación y condiciones del terreno no se consideran otros riesgos del proyecto.

8 SISMICIDAD

En base al conocimiento de la geología local y de la posición geográfica de la zona de estudio, clasificaremos la zona de estudio según las normas de diseño sísmico:

- Norma Chilena Oficial NCh 2369 Of.2003 "Diseño Sísmico de estructuras e Instalaciones industriales"

Desde el punto de vista geográfico y según la norma Nch 2369 la zona de estudio se encuentra en la Zona Sísmica detallada en la siguiente tabla con los siguientes valores de aceleración efectiva Ao y aceleración máxima del suelo (ao).

Tabla 15: Zona sísmica y sus valores de aceleración efectiva y máxima asociados.

Zonificación Sísmica	ao	Ao
3	0,5g	0,4g

Los parámetros para el cálculo sísmico dependientes de la localización geográfica y tipo de terreno pueden ser revisados en el Anexo 9.

Los parámetros sísmicos para la zona donde se emplazará el proyecto se adjuntan en las siguientes tablas.

Tabla 16: Parámetros sísmicos de la parcela NCh 2369 Of.2003.

Tipo Suelo	T´(s)	n
III	0,62	1,80

Tabla 17: Parámetros sísmicos de la parcela NCh 433 Of.96, modificada por el DS61.

Tipo Suelo	Descripción	S	To (s)	T´(s)	n	p
D	Suelo medianamente denso o firme	1,20	0,75	0,85	1,80	1,00

Destacar que la clasificación según DS61 es una estimación conservadora, dado que no se cuentan con sondeos o ensayos sísmicos por lo que los valores expresados deberán de ser adoptados por el técnico competente con cautela y bajo su criterio.

9. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

En función de las distintas prospecciones realizadas y los ensayos de laboratorio pasaremos a diferenciar las Unidades Geotécnicas (UG), presentes en la zona de estudio y sus parámetros geotécnicos.

9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

De forma resumida se distinguen las siguientes unidades:

Tabla 18: Descripción sintética de las Unidades Geotécnicas identificadas en la zona de estudio.

Unidad Geotécnica	DESCRIPCIÓN
U.G.1	ARENA LIMOSA (chusca). Según la USCS se clasifica entre los tipos de SM. Su espesor medio es de 0,2 m.
U.G.2	ARENA LIMOSA muy cementada. Según la USCS se clasifica como SM. Su espesor medio es superior a 0,8 m.
U.G.3	ROCA SANA, la profundidad de aparición varía desde los 0,1 m y 2,1 m.

9.2. PARÁMETROS DE LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

Los parámetros aquí expresados han sido escogidos en función de los resultados de los ensayos realizados en terreno, de los ensayos de laboratorio, de expresiones empíricas y a través de correlaciones ampliamente reconocidas por comunidad científica, además hay que sumar la experiencia del equipo redactor.

Se han reconocido TRES (3) Unidades Estratigráficas con distintas propiedades geotécnicas por lo que, a afectos de cálculos y modelización del terreno, se considerarán DOS (2) Unidades Geotécnicas (UG).

El espesor de la UG3 que a efectos de cálculo se considera de espesor infinito.

Tabla 19: Parámetros Geotécnicos de Cálculo Establecido

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ESTIMADOS	UG1	UG2	UG3
Clasificación o tipo de suelo	CHUSCA	SM	ROCA SANA
Espesor considerado (m)	0.2	0.8	N/A
Compacidad/Consistencia	Suelto	Compacto	Muy Compacto
Densidad natural del suelo (t/m^3)	--	1.6 – 1.7	1.9 – 2.2
Densidad del suelo ensayo Proctor (t/m^3)	--	1.7 – 1.8	--
Ángulo de rozamiento interno (∅°) estimado	--	33 – 35	40 – 43
Cohesión efectiva (C) (kg/cm^2) estimada	--	0.5 – 0.1	5 – 10
Coeficiente de Poisson	--	0.35 – 0.40	0.15 – 0.20
Módulo de deformación, Eo (kg/cm^2)	--	>400	>700
Módulo de Balasto K30 (kg/cm^3)	--	7 – 13	>30

Según la clasificación ETG -A 010 (Transelec), el suelo clasifica como TIPO 1

Tabla 20: Parámetros referenciales para el diseño de fundaciones según la ETG-A.0.10 Ed.2.

Tipo de Suelo	Forma de Trabajo	Cohesión	Angulo de Fricción	Angulo cono Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Aplastamiento	Peso Unitario del Hormigón al Arrancamiento	Peso Unitario del Hormigón al Aplastamiento	Presión Admisible Neta Vertical	Presión Admisible Neta Horizontal
		(T/m^2)	(°)	(°)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^3)	(T/m^2)	(T/m^2)
1	anclaje	--	--	30	2,0	2,3	2,3	2,4	200	150

10 DISEÑO DE FUNDACIONES

10.1 TIPO DE FUNDACIONES

En base a todo lo expuesto hasta ahora, a raíz de los resultados obtenidos mediante los ensayos realizados y las solicitaciones de las estructuras que se proyectan realizar, se recomienda resolver el apoyo de las construcciones proyectadas, mediante una cimentación superficial.

La fundación deberá considerar como sello de fundación (apoyarse) en la UG2 de ambos sectores estratigráficos.

Según la condición anterior, las cimentaciones deberán empotrarse a **al menos un (0.7) metro respecto a la rasante del terreno** en las condiciones topográficas actuales, o bien, en donde se encuentre la roca a una profundidad superior a 0.7 m se permite fundar sobre la UG3.

Es importante señalar que en el momento de elaborar este informe se desconocen los movimientos de tierra, rellenos o nivelaciones que se realizarán en la parcela. Por tanto, los cálculos de capacidad portante y asientos aquí incluidos, se han realizado bajo las condiciones actuales del terreno. Cambios futuros en las condiciones topográficas del terreno harán necesarios validar las hipótesis de cálculo aquí empleadas.

10.2 CAPACIDAD PORTANTE PARA ESTADO LÍMITE DE DAÑOS

En este apartado se van a considerar las presiones máximas que soporta el terreno hasta llegar a la rotura.

En el Anexo 10 se describe con detalle la teoría de los métodos de cálculo empleados y el modelo geotécnico del terreno.

Las hipótesis de cálculo para la capacidad portante son las siguientes:

- Método de cálculo de la capacidad portante según Hansen (1970).
- Factor de seguridad aplicado de 3.0 para condiciones estáticas.
- Factor de seguridad aplicado de 1.5 para condiciones sísmicas, que podrá ser aumentado hasta 2.0 según el tipo de proyecto y criterio del calculista.
- Carga según estado límite de daños (rotura total).
- Cimentación rígida para el caso de zapatas.
- Cimentación flexible para losas de gran tamaño.
- Realizar un escarpe de los primeros 0.5 m del terreno cerca de la fundación (quitar capa vegetal).
- No se considera el efecto positivo del relleno estructural
- La UG3 se considera con un espesor infinito.

Figura 5: Modelo geotécnico del terreno a efectos de cálculo de la capacidad portante

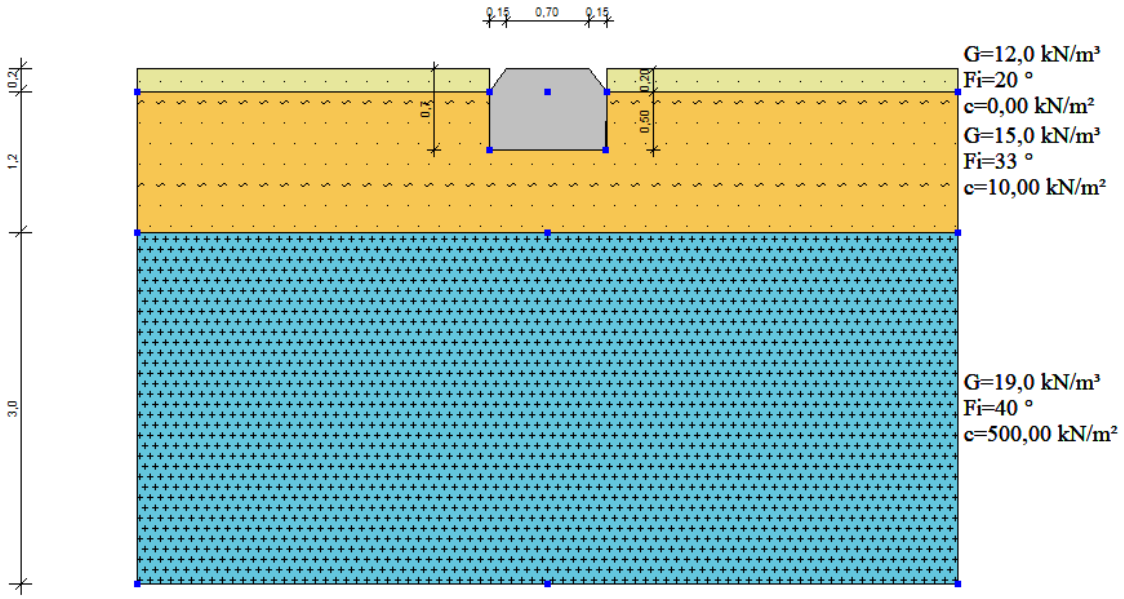


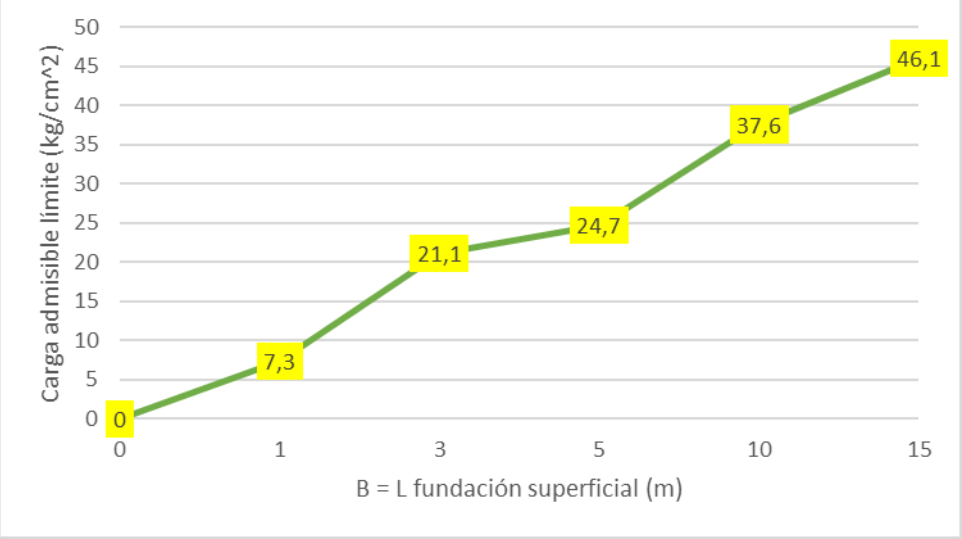
Tabla 21: Cap. de carga a límite de rotura para zapatas rígidas apoyada en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²) UG2			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	1.0x1.0	3.0x3.0	5.0x5.0
0.7	7,3	21,1	24,7

Tabla 22: Cap. de carga a límite de rotura para losas flexibles apoyada en UG2. Condición estática.

Carga admisible límite (kg/cm²) UG2			
Profundidad de Apoyo (m)	DIMENSIONES Ancho x largo (m)		
	5 x 5	10 x 10	15 x 15
0.7	24,7	37,6	46,1

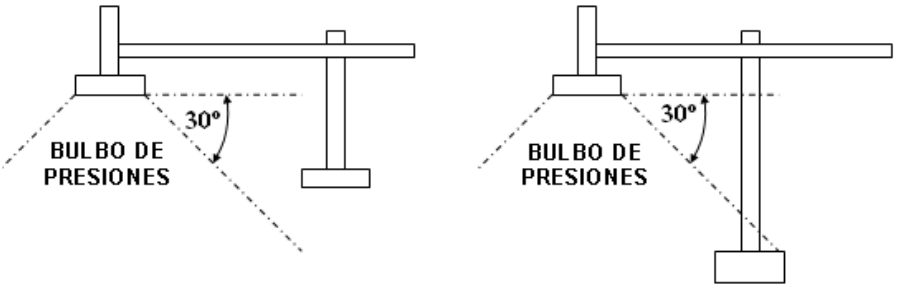
Figura 6: Grafica incremento de capacidad portante en cimentación superficial a 0.7 m de profundidad.



De encontrase con zonas fundadas a distinto nivel, esto podría provocar que los bulbos de presiones de las fundaciones que se encuentren apoyadas más arriba sobrecarguen las estructuras inferiores.

En términos geométricos el bulbo de presión está definido por dos rectas que nacen desde los vértices inferiores de la fundación inclinados 30º o 45° con respecto a la horizontal. Dicho bulbo de fundación en el caso de ser afectado por otra fundación deberá de considerarse la sobrepresión ejercida por esta última.

Figura 7: Bulbo de presiones para zapatas escalonadas contiguas.



10.3 CARGAS DE TRABAJO PARA ASIENTOS TOLERABLES

El cálculo de asientos se realiza según el método elástico en el que se considera que los asentamientos de una cimentación rectangular de dimensiones BxL puesta en la superficie de un semiespacio elástico se pueden calcular con base en una ecuación basada en la teoría de la elasticidad, Timoshenko e Goodier (1951), modificación del método de de Steinbrenner (1934):

$$\Delta H = q_0 B' \frac{1-\mu^2}{E_s}\left(I_1 + \frac{1-2\mu}{1-\mu} I_2\right) I_F$$

donde:

q_0 = Intensidad de la presión de contacto

B' = Mínima dimensión del área reactiva,

E e μ = Parámetros elásticos del terreno.

I_i = Coeficientes de influencia dependientes de: L'/B', espesor del estrato H, coeficiente de Poisson μ, profundidad del nivel de cimentación D;

Los coeficientes *I_1 y I_2* se pueden calcular utilizando las ecuaciones de *Steinbrenner (1934)* (V. Bowles), en función de la relación *L'/B'* y H/B, utilizando *B'=B/2* y *L'=L/2* para los coeficientes relativos al centro y *B'=B* y *L'=L* para los coeficientes relativos al borde.

A continuación, se asignan los valores de presión de trabajo limitados por los asientos según los siguientes valores.

- Zapatas rígidas en las que los asientos que no superen los 2.5 cm (1”).
- Losas flexibles en las que los asientos no superen los 5.0 cm (2”), en el centro de la cimentación.

En el caso de un estrato de espesor finito, el factor Ip se obtiene a partir de las siguientes ecuaciones:

$$I_P = I_1 + \frac{1-2v}{1-v} I_2$$

$$I_P = (1+\mu)[(1-\mu)\alpha_0 - \alpha_1]$$

Donde:

Los factores alfa cero y alfa uno puede evaluarse directamente en los siguientes ábacos:

Figura 8: ábacos para encontrar los factores alfa ecuación factor de influencia Steinbrenner (Taylor y Matyas 1983)

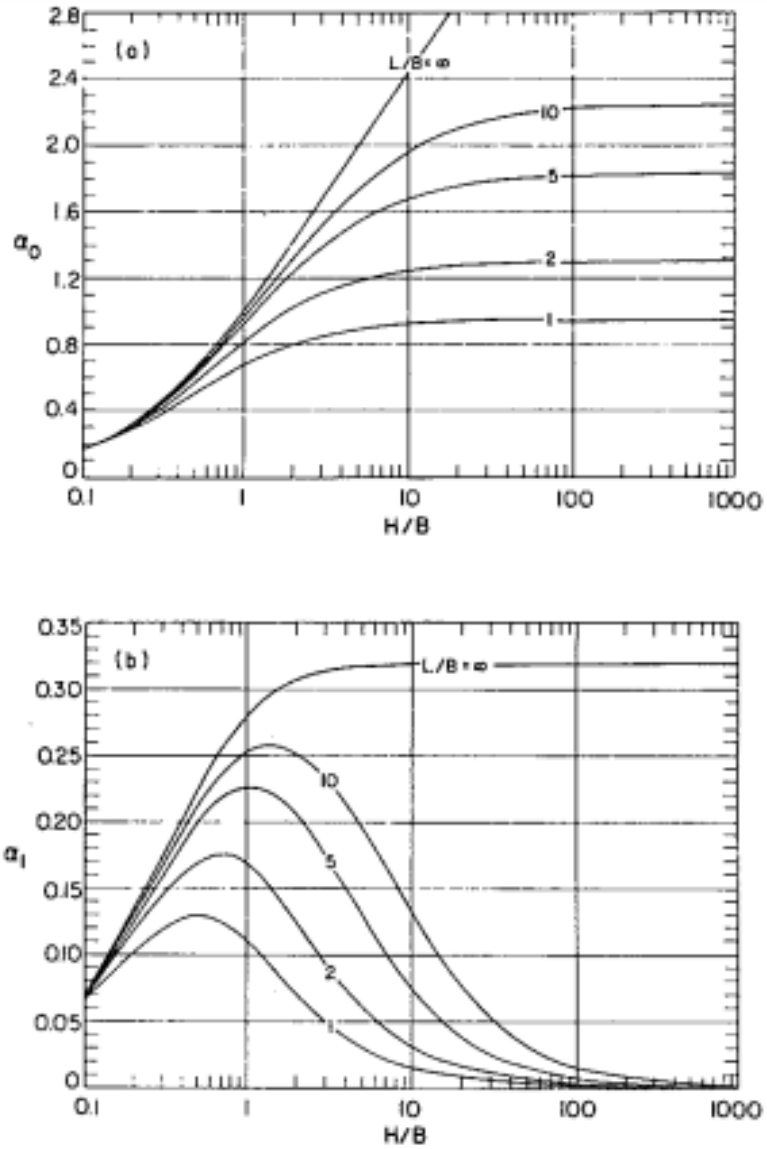


Figura 9: Correlación factor de influencia Steinbrenner según módulo de poisson.

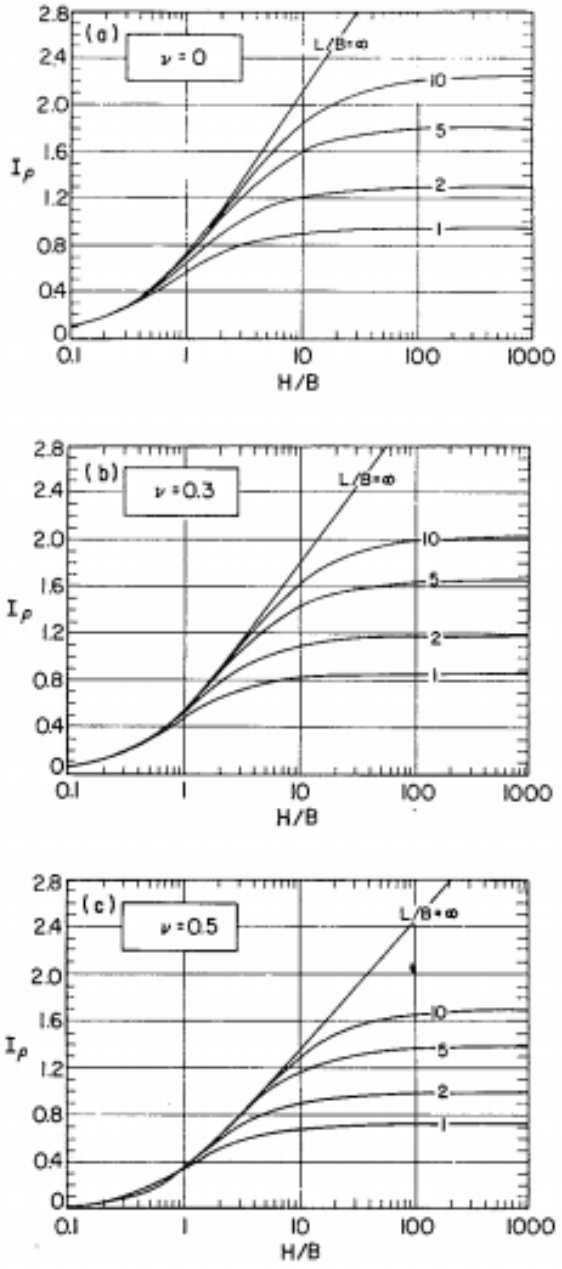


Tabla 23: Carga de trabajo para zapatas rígidas apoyada en UG2 con asientos <2.5 cm.

Carga de trabajo limitada por asientos (kg/cm^2) UG2			
Profundidad de Apoyo (m)	**DIMENSIONES Ancho x largo (m)**		
	1.0x1.0	**3.0x3.0**	**5.0x5.0**
0.7	6,3	6,9	7,6

Tabla 24: Carga de trabajo para losas flexibles apoyada en UG2 con asientos <5.0 cm.

Carga de trabajo limitada por asientos (kg/cm^2) UG2			
Profundidad de Apoyo (m)	**DIMENSIONES Ancho x largo (m)**		
	5 x 5	**10x10**	**15x15**
0.7	17,6	20,5	21,7

11 CONSTANTE DE BALASTO DE CIMENTACIONES

Las constantes de balasto para el modo de deformación por asentamientos verticales de las fundaciones se podrán calcular de las expresiones dadas para los asentamientos, distinguiéndose las mismas circunstancias de velocidad de aplicación de las cargas.

A falta de ensayos de placa de carga optaremos por valores reconocidos de coeficiente de balasto considerando una placa de 0,3 x 0,3 m.

Tabla 25: Valores del Módulo de Balasto k30 de uso recomendado.

	UG1	UG2	UG3
Módulo de Balasto K30 (kg/cm^3)	--	7 – 13	>30

Fuente: Freire Tellado, Manuel: "Precisiones para el empleo del módulo de balasto", "Interacción del suelo, cimiento y estructura: el caso de las zapatas I y II", en: Informes de la Construcción - Nº: 463/471/ 472 respectivamente.

Para el caso sísmico se debe considerar la siguiente relación, la cual es dependiente de la relación anterior:

$$k_{v,sis} = 3 \cdot k_v$$

Donde:

kv,sis: constante de balasto vertical para el caso sísmico.

kv: constante de balasto vertical para el caso estático.

En general las constantes de balasto vertical se podrán calcular de las siguientes expresiones:

Para el caso de balasto horizontal de fundaciones profundas se recomienda:

$$k_h = k_v * 2{,}5$$

Para losas cuadradas

- *Terrenos cohesivos:* $k = \frac{k_{30} * 0.3}{B}$
- *Terrenos granulares:* $k = k_{30}\left(\frac{B+0.3}{2B}\right)$

Para losas rectangulares

$$k' = \frac{2}{3} * ks\left(1 + \frac{B}{2L}\right)$$

Tabla 26: Valores coeficiente de balasto para suelos granulares y una fundación superficial cuadrada de 1 m.

	UG2	UG3
k30 (kg/cm3)	10	30
k (kg/cm3)	4,23	12,68

12 CÁLCULO DE COEFICIENTES DE EMPUJE

Se desarrolla en este punto la estimación de los empujes horizontales del terreno sobre las estructuras. La presión del terreno sobre la estructura está fuertemente condicionada por la deformabilidad de la estructura (muro), de modo que se distinguen los siguientes tipos de empujes:

- Empuje al reposo: Se trata de un estado intermedio a los anteriores empujes donde la estructura prácticamente no sufre deformación y el empuje es similar al del estado tensional del terreno inicial.
- Empuje activo: Se produce este tipo de empuje cuando la estructura de contención se desplaza o gira hacia el exterior y, por tanto, el terreno se descomprime.
- Empuje pasivo: Este empuje se produce cuando el elemento de contención se desplaza o rota hacia el interior del terreno y, por tanto, lo empuja y comprime.

El empuje pasivo es el mayor valor que puede alcanzar el terreno. El empuje al reposo es por tanto de valor intermedio entre el empuje activo y el empuje pasivo.

A continuación, se calculan los coeficientes de empuje estáticos de acuerdo a 3 métodos:

Código técnico de la edificación (España, 2006):

$$Ka = \left[\frac{cosec\beta * seno(\beta - \emptyset)}{\sqrt{seno(\beta + \delta)} + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i)}{seno(\beta-i)}}}\right]^2$$

$$Kp = \left[\frac{cosec\beta * seno(\beta + \emptyset)}{\sqrt{seno(\beta - \delta)} + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i)}{seno(\beta-i)}}}\right]^2$$

Coulomb:

$$Ka = \frac{seno^2(\beta - \emptyset)}{seno^2(\beta) * seno(\beta + \delta) * \left[1 + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i)}{seno(\beta+\delta)*seno(\beta-i)}}\right]^2}$$

$$Kp = \frac{seno^2(\emptyset + \beta)}{seno^2(\beta) * seno(\beta - \delta) * \left[1 - \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i)}{seno(\beta-\delta)*seno(\beta-i)}}\right]^2}$$

Rankine:

$$Ka = coseno(i) * \frac{coseno(i) - \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}{coseno(i) + \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}$$

$$Kp = \frac{coseno(i) + \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}{coseno(i) - \sqrt{coseno^2(i) - coseno^2(\emptyset)}}$$

Para obtener Ko se aplica la ley de Jacky, ampliamente aceptada por la comunidad científica.

$$Ko = 1 + seno(\emptyset)$$

Donde:

Ka: Coeficiente de empuje activo

Kp: Coeficiente de empuje pasivo

Ko: Coeficiente de empuje en reposo

$\emptyset$: $Coeficiente\ de\ rozamiento\ interno\ del\ terreno$

δ: $Ángulo\ de\ rozamiento\ muro - terreno$

β: $Ángulo\ del\ muro\ con\ la\ horizontal$

i: Ángulo del terreno con la horizontal

Según los parámetros geotécnicos y métodos de cálculo determinados anteriormente se adjunta la tabla con los parámetros necesarios para el diseño de la fundación y muros.

Tabla 13: Coeficientes de empuje pasivo, activo y de reposo para muro vertical y terreno horizontal.

	CTE		COULOMB		RANKINE	
COEFICIENTE	**UG2**	**UG3**	**UG2**	**UG3**	**UG2**	**UG3**
Ka	0,28	--	0,36	--	0,31	--
Kp	4,68	--	2,61	--	3,25	--
K_0	0,47					

Luego, se procede a calcular los empujes activo y pasivo estáticos de acuerdo a las siguientes ecuaciones.

$$E_{AE} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_{AE}$$

$$E_{PE} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * K_{PE}$$

Tabla 13: Empuje pasivo y activo estático para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m.

	CTE		COULOMB		RANKINE	
EMPUJE (kt/m)	**UG2**	**UG3**	**UG2**	**UG3**	**UG2**	**UG3**
Eae	2,04	--	2,70	--	2,28	--
Epe	34,74	--	19,40	--	24,17	--

***Se recomienda disminuir el valor de empuje pasivo al 50%, ya que los métodos sobreestiman su valor.**

Análisis seudo-estático (Mononobe - Okabe):

Este método considera la aplicación de aceleraciones pseudo-estáticas, tanto horizontales como verticales, a la cuña activa de Coulomb. El empuje de suelos pseudo-estático se obtiene entonces a partir del equilibrio de la cuña.

Las ecuaciones asociadas al método son las siguientes:

Coeficientes seudo - estáticos:

$$Kad = \frac{(1 \pm k_v) * coseno^2(\emptyset - \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta + \delta + \theta) * \left[1 + \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset-i-\theta)}{coseno(\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

$$Kpd = \frac{(1 \pm k_v) * coseno^2(\emptyset + \beta - \theta)}{coseno(\theta) * coseno^2(\beta) * coseno(\beta - \delta + \theta) * \left[1 - \sqrt{\frac{seno(\delta+\emptyset)*seno(\emptyset+i-\theta)}{coseno(-\beta+\delta+\theta)*coseno(i-\beta)}}\right]^2}$$

Empujes seudo - estáticos:

$$\Delta E_{AD} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (K_{AD} - K_{AE})$$

$$\Delta E_{PD} = \frac{1}{2} * \gamma * H^2 * (K_{PD} - K_{PE})$$

Empuje total:

$$E_{AT} = E_{AE} + \Delta E_{AD}$$

$$E_{PT} = E_{PE} + \Delta E_{PD}$$

Tabla 13: Empuje pasivo y activo total para muro vertical y terreno horizontal para un muro de 3 m.

	COULOMB	
EMPUJE (t/m)	**UG2**	**UG3**
EAT	1,97	--
EPT	14,11	--

***Se recomienda disminuir el valor de empuje pasivo a la mitad, ya que, el análisis según el método M-O sobreestima el empuje pasivo total, particularmente para δ > ϕ 2. Por estas razones el Método de Mononobe-Okabe debería ser usado e interpretado cuidadosamente.**

13 GIRO DE FUNDACIONES

Para el cálculo de giros de fundaciones se podrá utilizar el concepto de la constante de balasto. Los giros se calcularán de la expresión:

$$\theta = \frac{M}{k_\theta \, I} \quad , \; radianes$$

Donde:

ϑ = Giro de la fundación, en radianes.

k_θ = Constante de balasto al giro igual a 2 veces la constante de balasto al descenso vertical.

M = Momento volcante a nivel del sello de fundación.

I = Momento de inercia del área del sello de fundación según el eje que pasa por el centro de gravedad de dicha área y en la dirección del momento considerado según la convención vectorial.

La constante de balasto estática al giro de fundación puede ser determinada como:

$$k_\theta = 2 * k_v$$

Donde:

Ko: constante de balasto al giro.

kv: constante de balasto vertical para el caso estático.

Para el caso sísmico se debe considerar la siguiente relación, la cual depende de la expresión anterior:

Ko,sis = 3*k

Donde:

Ko,sis: constante de balasto al giro para el caso sísmico.

K: constante de balasto para el caso estático.

13.1 CAPACIDAD DE SOPORTE Y GIRO MÁXIMO DE FUNDACIONES SUPERFICIALES

A continuación, se presenta una memoria de cálculo, la cual relaciona el diámetro de la fundación superficial, el momento de inercia, coeficiente de balasto. Con esta memoria de cálculo obtenemos el momento máximo admisible para un giro máximo de 0,002 radianes, considerando un factor de seguridad de 3.

Tabla 27: Memoria de cálculo con propuestas de distintas fundaciones superficiales

FORMA FUNDACIÓN	D (m)	R (m)	MOMENTO DE INERCIA	Kω (t/m3)	GIRO PERMITIDO	MOMENTO MÁX PERMITIDO (t-m)
circular	10	5	490,9	20.000	0,002	7.854
	8	4	201,1			3.217
	6	3	63,6			1.018
	5	2,5	30,7			491
	4	2	12,6			201
	3	1,5	4,0			64
cuadrada	10	10	833,3	20.000	0,002	13.333
	8	8	341,3			5.461
	5	5	52,1			833
	4	4	21,3			341
	3	3	6,8			108
	2	2	1,3			21
	1	1	0,1			1

- Es criterio del calculista definir el desplazamiento máximo en la punta de la torre, aquí se presentan los valores representativos de momento máximo admisible.
- Se recomienda no instalar una fundación superficial para estructuras de gran altura (mayor a 10 m) con un enterramiento menor a 1,5 m.
- Estos valores pueden ser usados como guía para la realización del cálculo de ingeniería de detalle y siempre deben ser usados con criterio.
- **Como la roca se encuentra muy cercana a superficie en algunas ubicaciones de la parcela y es probable que las cimentaciones se emplacen con apoyo mixto, es importante considerar el asentamiento diferencial máximo permitido y, por ende, el giro máximo que experimenta de la fundación.**

14 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

14.1 EXCAVACIONES

En base a las calicatas se determina la excavabilidad de las UG detectadas.

Tabla 28: Rendimiento equipo excavación para cada UG.

	UG1	UG2	UG3
Excavadora	Muy alto	Medio	No aplica
Martillo	No aplica	No aplica	Alto

En el caso de fundaciones en suelos, se aconseja que los últimos 20 cm de la excavación, sean realizados a mano y en el mismo momento de proceder a su hormigonado, con el fin de evitar cambios de humedad, descompresión y caída de material extraño al fondo de la excavación.

Las excavaciones deberán llegar hasta los niveles indicados en los planos o hasta encontrar el suelo de fundación de la calidad establecida en el Proyecto.

Los procedimientos de excavación deberán planificarse de manera que aseguren la estabilidad de los taludes abiertos. Especial consideración tendrán aquellas áreas donde se produzcan interferencias con otros trabajos o instalaciones existentes.

El método de excavación no deberá debilitar las áreas circundantes ni dañar estructuras que se encuentren en construcción o existentes. Para evitar esto, se deberá proteger las estructuras y servicios adyacentes a la excavación.

Se evitarán las sobreexcavaciones durante la ejecución de cualquier faena de excavación. En el caso eventual que éstas se produzcan, la ITO evaluará el impacto de ellas en el proyecto, pudiendo exigir que sean rellenadas hasta restaurar los niveles y perfiles indicados en los planos del proyecto. Estos rellenos se harán de acuerdo a los requerimientos exigidos por la ITO.

Como la subestación se encuentra emplazada en un terreno desnivelado, por lo que será necesario realizar un movimiento de tierra.

Se observa en la figura el perfil longitudinal y transversal central y el modelo orientativo del procedimiento corte-relleno recomendado en la parcela.

Figura 10: Perfil longitudinal

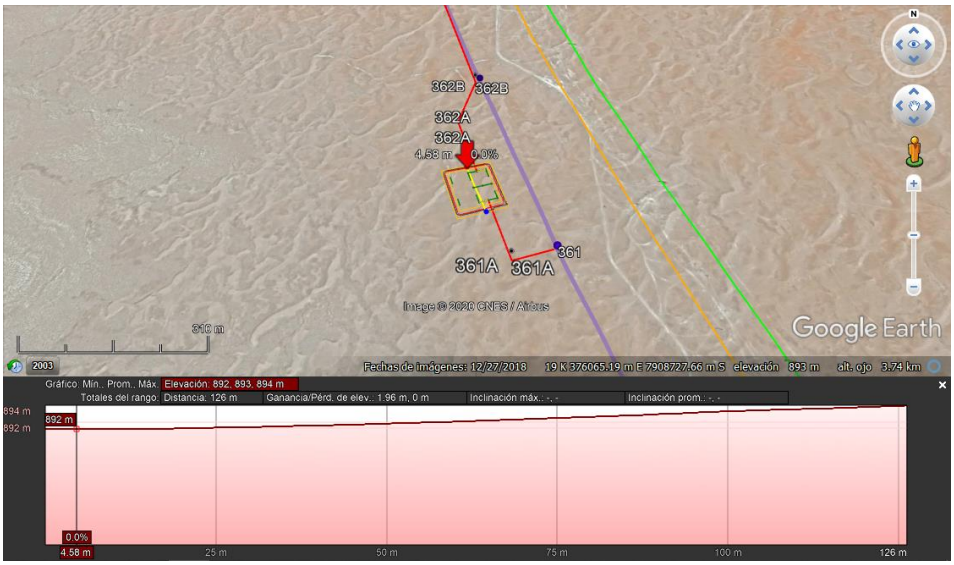


Figura 11: Perfil transversal

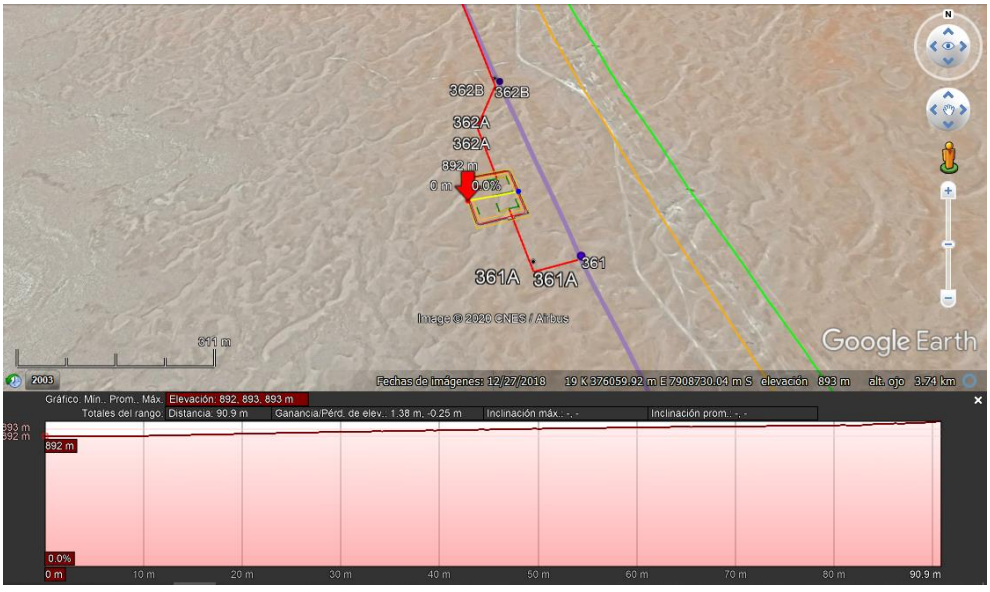


Figura 12: Corte - relleno



El cambio de cota máximo registrado en la parcela son 2 m aproximadamente, y considerando además que el perfil transversal refleja un cambio de cota de menos de 1m. El cálculo de volumen de corte y relleno correspondiente queda reflejado de la siguiente manera:

$$V_C = \frac{Sc}{2} * L$$

$$V_r = \frac{Sr}{2} * L$$

Vc: Volumen de corte (m^3)

Vr: Volumen de relleno (m^3)

Sc: Superficie de corte (m^2)

Sr: Superficie de relleno (m^2)

L: largo horizontal entre perfiles (m)

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 29: Volumen corte - relleno

Lc (m)	64
Hc (m)	1
Lr (m)	65
Hr (m)	1
L (m)	94
Vc (m^3)	3.008
Vr (m^3)	3.008

Nota:

- Estos valores son aproximados y brindan una aproximación al movimiento de tierra recomendado para la parcela.
- Se debe considerar, además, el factor de esponjamiento del suelo excavado, el cual varía de acuerdo a la litología.

14.2 ESCARPES Y NIVELACIÓN

El escarpe consiste en la remoción del estrato superficial de suelo y/o de suelos de todas las áreas donde deben ejecutarse excavaciones y rellenos.

Dada la naturaleza del terreno identificado y de las características del proyecto a ejecutar se hace necesario retirar por completo UG1, en la periferia de las fundaciones y en todas las zonas donde se pretenda hacer rellenos estructurales. Los pavimentos si podrán apoyar sobre la UG2.

Además de lo anterior será obligatorio, antes de empezar el proyecto de construcción, eliminar por completo del área del proyecto todo tipo de rellenos artificiales y suelos sueltos o previamente alterados por faenas agrícolas u otra actividad.

14.3 TALUDES DE LAS EXCAVACIONES

En función de las propiedades físicas (granulometría, cohesión, densidad, etc.), y de la ausencia del nivel freático, además de la observación de la estabilidad de las paredes de las calicatas, extrapolaremos la estabilidad de las excavaciones en condición temporal (en obra) y permanente (en uso).

Tabla 30: Diseño de los taludes con altura inferior a 3.0 m.

	UG1	UG2	UG3
Condición Temporal (H:V)	--	1:3	1:4
Condición Permanente/Sísmica (H:V)	--	1:2	1:3
Erosión en condición Permanente	--	1:2	1:3

Nota: Para excavaciones temporales (menor a 7 días o de breve ejecución), se considera posible la excavación en vertical del talud.

Para taludes con altura de diseño superior a los 3.0 m se aconseja realizar un estudio de estabilidad en función de las condiciones geométricas y de las UG detectadas.

La estabilidad de las excavaciones para fundaciones se considera estables a corto plazo no siendo necesario tomar medidas de entibación, en todo caso los criterios de excavación deberán respetar lo indicado en la norma NCh 349 Of. 1999, respecto de la seguridad en excavaciones.

Se deberá mantener los taludes en condiciones seguras, tanto en lo que concierne a estabilidad y erosión, de todas las excavaciones que permanezcan temporalmente abiertas, debiendo peinar los taludes erosionados y retirar todos los derrames producto de su erosión.

En el caso de taludes en condición definitiva con serios problemas de erosión será necesario la protección de éstos mediante geotextil, shotcrete, malla u otra medida.

14.4 RELLENOS PARA RADIERES Y PAVIMENTOS

En la ejecución de rellenos bajo radieres y pavimentos podrá emplearse un material granular grueso, limpio, del tipo "estabilizado", cuya curva granulométrica deberá estar dentro del siguiente rango:

Tabla 31: Granulometría de material para relleno bajo pavimentos y radier.

Criba o malla ASTM	%, en peso pasando
2”	100
1”	55-100
3/8”	40-70
Nº 4	35-65
Nº 10	20-50
Nº 40	10-30
Nº 200	0-15

También es posible emplear material integral de río o estero limitando el tamaño máximo a 4” y que el contenido de finos bajo la malla Nº 200 sea inferior a 10%.

El material seleccionado deberá ser aprobado previamente por la inspección técnica y mecánico de suelos, y deberá ser respaldado con ensayes de pertinentes, emitidos por un laboratorio certificado INN.

Los ensayos mínimos a realizar deberán ser los siguientes:

- Granulometría

- Límites de consistencia
- Clasificación de suelos
- Densidad de partículas sólidas
- Humedad natural
- Proctor modificado o Densidad Relativa

El material deberá ser esparcido en capas horizontales de espesor uniforme y según el contenido de fino se tendrá que proceder de la siguiente forma:

- En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea mayor al 12%, deberá humedecerse homogéneamente hasta lograr el valor óptimo del ensayo Proctor Modificado con una variación máxima de ±2% y luego compactarlo hasta alcanzar una densidad no inferior al 95% de la D.M.C.S. del ensayo de Proctor Modificado.
- En caso de que el material que pasa la malla Nº 200 sea menor al 12%, el material tendrá que ser compactado hasta lograr una Densidad Relativa del 80%.

El espesor de las capas será establecido de forma tal que pueda lograrse la densidad especificada en todo su espesor con el equipo de compactación que se utilizará, en todo caso éste no podrá ser superior a 25cm.

El avance deberá ser parejo, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0.50 m entre sectores contiguos.

Cada capa deberá ser aprobada por la ITO y no podrá ser recubierta antes que se dé por aceptada la densidad

Inicialmente, los controles de densidad se realizarán por lo menos cada 50m² por capa, comprobada la eficacia del operador y el procedimiento, podrán extenderse a 100m² por capa y, finalmente hasta 300m² por capa.

Los controles de densidades se deberán efectuar por un laboratorio especializado de reconocida calidad, que cuente con la aprobación previa de la ITO.

Una vez terminada la compactación y perfilado de la base, según perfiles longitudinales y transversales del proyecto de topografía o de arquitectura, la superficie deberá presentar un aspecto uniforme y sin variaciones de cota mayores que +0,0 cm y -1,0 cm para el material de relleno. Si se detectan a un nivel inferior a la tolerancia, estas deberán escarificarse en un espesor mínimo de 10 (cm) para a continuación agregar material, regar, recompactar y dar terminación a la superficie.

De los valores definidos se debe esperar el cumplimiento de los siguientes parámetros geotécnicos definidos para el material de relleno estructural controlado.

14.5 RELLENOS PARA PAVIMENTOS VEHICULARES

Los terraplenes y ensanches existentes deberán construirse con material denominado "Terreno de Cualquier Naturaleza", según su definición en el Numeral 5.201.304(7) de la Sección 5.201, Excavación General Abierta. Los suelos deberán ser inorgánicos, libres de materia vegetal, escombros, basuras, materiales congelados, terrones, trozos de roca o bolones degradables o deleznables o trozos cementados de tamaño superior al especificado. Salvo indicación contraria en el Proyecto, los materiales a emplear en la construcción del cuerpo de los terraplenes deberán tener un poder de soporte no inferior a 10% CBR, determinado según el Método que se establece en 8.102.11 del MC-V8, y medido al 95% de la D.M.C.S. según el Método que se señala en 8.102.7 del MC-V8. El tamaño máximo del material será de 150 mm, aceptándose una tolerancia de 5% en peso entre 150 mm y 200 mm. En zonas donde la precipitación media anual sea inferior a 50 mm, el poder de soporte se determinará sin inmersión.

Si el material del terraplén es de origen fluvial, corte en roca o material de marina, debe tener una buena graduación, controlada mediante los coeficientes de curvatura y de uniformidad de la curva granulométrica, es decir, debe cumplir con lo siguiente:

$$CU > 4 \text{ y } 1 < CC < 3$$

Donde:

- CU = Coeficiente de uniformidad: CU= D60/D10
- CC = Coeficiente de curvatura: CC = D30/(D60∗D10)

En que D10, D30, D60: representa el diámetro de la abertura del tamiz por el cual pasa 10%, 30%, 60% en peso del material considerado, respectivamente.

Asimismo, los 0,30 m superiores del coronamiento de los terraplenes, deberán construirse con suelos que se denominan "material de subrasante", cuyo poder de soporte no deberá ser inferior a 20% CBR, medido en las mismas condiciones estipuladas para el cuerpo del terraplén; el tamaño máximo del material no será superior a 100 mm.

14.6 RELLENOS DE CONFINAMIENTO

Los rellenos en torno a estructuras de hormigón no se deberán colocar antes que el hormigón tenga catorce días de edad o haya alcanzado un 80% de la resistencia de diseño. Plazos menores deberán ser autorizados por la I.T.O. Los rellenos no se podrán colocar hasta que los hormigones hayan sido inspeccionados y aprobados por la I.T.O.

El relleno se deberá colocar cuidadosamente de manera de no dañar el hormigón y no se podrán colocar fragmentos de roca mayores de 15 cm a una distancia menor de 1 m de la superficie de hormigón expuesta.

Los moldajes, puntales y sostenimientos que sobresalgan del terreno deberán extraerse antes de colocar los relleno.

14.7 AGRESIVIDAD DEL TERRENO Y AL HORMIGÓN

En la NCh 170 Of. 2016 – Requisitos Generales se hace referencia a los grados de exposición a los que pueden estar los hormigones por sulfatos, según su porcentaje en peso, clasificándolos en grados.

En los ensayos de laboratorio hemos obtenido un contenido medio en sulfatos del 0,199%, con este valor se procede a clasificar la agresividad al hormigón por medio de la siguiente tabla.

Tabla 32*:* clasificación de la exposición del hormigón por sulfatos, Nch170

GRADO DE EXPOSICIÓN POR SULFATOS				
GRADO	**S0**	**S1**	**S2**	**S3**
	No agresivo	**Moderada**	**Severa**	**Muy severa**
Contenido máximo SO_4 soluble en suelo (% en masa)	<0,1	0,1 a 0,2	0,2 a 2,0	>2,0
Contenido máximo SO_4 disuelto en agua (ppm)	<150	150 a 1500	1500 a 10000	>10000

Según el resultado obtenido en laboratorio, la siguiente tabla detalla los requisitos mínimos que deben cumplir los hormigones que especifica la normativa vigente:

Tabla 33:Requisitos del cemento y hormigón según el grado de exposición, Nch170

GRADO DE EXPOSICIÓN	REQUISITOS DEL CEMENTO*		REQUISITOS DEL HORMIGÓN		
	% de expansión según ASTM C 1012	**Contenido en C_3A en el cemento, %**	**Mínimo de grado de resistencia especificada**	**Dosis mínima de cemento, Kg/m3**	**Profundidad de penetración de agua según Nch2262, mm**
S0	Sin restricción	Sin restricción	G17	-	-
S1	**0,1 a 6 meses**	**≤ 8**	**G25**	**320**	**≤ 40**
S2	0,05 a 6 meses**	≤ 6	G30	340	≤ 30
S3	0,05 a 6 meses**	≤ 5	G35	360	≤ 20

***el cemento utilizado debe cumplir con al menos uno de los dos requisitos indicados según el grado de exposición**

**** En caso de que el cemento no cumpla el requisito de expansión de 6 meses, se puede utilizar siempre que la expansión no sea mayor que 0,10% en un año.**

Recubrimiento de armadura en las cimentaciones

La norma "NCh 430 Hormigón amado – Requisitos de diseño y cálculo" forma la parte principal de la descripción de los criterios de diseño y cálculo, pero debe ser usada en conjunto con el código ACI 318-14.

En primer lugar, en la NCh430 se recomienda un recubrimiento libre mínimo de hormigón de 70 mm según se muestra en la tabla 7.7.1 para hormigones colocados contra el suelo, expuestos a él y en condiciones severas.

Tabla 34: Recubrimiento libre mínimo para hormigones expuestos a sulfatos

	Recubrimiento libre mínimo mm	
	Condiciones normales	Condiciones severas
a) Hormigón colocado contra el suelo y permanentemente expuesto a él	50	70
b) Hormigón expuesto al suelo o al aire libre:		
Barras Ø 18 a Ø 56	40	50
Barras Ø 16 y diámetros menores	30	40
c) Hormigón no expuesto al aire libre ni en contacto con el suelo		
Losas, muros, nervaduras:		
Barras Ø44 y Ø56	40	40
Barras Ø 16 a Ø36	20	20
Barras Ø12 y menores	15	20
Vigas, columnas:		
Armadura principal	30	40
Amarras, estribos, zunchos	20	30
Cáscaras y placas plegadas:		
Barras Ø 18 y mayores	20	20
Barras Ø 16, alambres de16 mm de diámetro y menores	15	15
d) Elementos de confinamiento en albañilería:		
Armadura principal Ø 10 y menores	20	30
Amarras, estribos, zunchos Ø 8 y menores	15	20

14.8 APROVECHAMIENTO DE LAS UG IDENTIFICADAS.

Según el tipo de material apreciado en el muestreo del sitio, la UG1 y UG2 podrán ser excavadas en un hipotético movimiento de tierras, ésta (UG2) se recomienda como sub-rasante dado su buena clasificación cualitativa del suelo, esto se corrobora de la siguiente tabla:

Tabla 35: Uso de suelos para sub-rasante, sub-base o base según CBR.

UG	CBR medio (%)	Clasificación cualitativa	Uso
2	20 - 30	Excelente	Sub - rasante

Lo anteriormente mencionado se establece según los parámetros designados por la siguiente tabla:

Tabla 36: Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR

CBR	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub - rasante
5 - 8	Mala	Sub - rasante
8 - 20	Regular - Buena	Sub - rasante
20 - 30	Excelente	Sub - rasante
30 - 60	Buena	Sub - base
60 - 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Fuente: Assis A., 1988.

De no utilizar los materiales mencionados en obra se recomienda que el material extraído sea transportado a un botadero autorizado y los rellenos se realicen con materiales seleccionados según los requerimientos citados más adelante en el punto de 15.5 de rellenos bajo pavimentos y radieres.

14.9 APROVECHAMIENTO DE LAS UG RECONOCIDAS

Se distinguen los siguientes tipos de rellenos:

Relleno estructural

El uso de este tipo de relleno será aplicable en los casos que se deba reemplazar el material existente con el fin de lograr una mejora del terreno y/o superficie donde se deban apoyar estructuras (fundaciones y/o losas de fundaciones).

Relleno bajo radier y pavimento

La ejecución de este relleno será viable para los casos en los cuales se requiera diseñar un radier o losa, libre de cargas estructurales, ya sea estacionamientos y/o radieres en los cuales se dispongan para cualquier uso no estructural.

Relleno para vialidad

Se deberá disponer de este tipo de relleno en los cuyos casos que se diseñe el acceso de vehículos tanto livianos como pesados, además cabe mencionar que, para el diseño de este tipo de relleno, deberán considerarse los parámetros de diseño establecidos por el manual de carreteras.

Relleno masivo

Para la ejecución de las obras en las cuales se requieran realizar cortes y terraplenes, estos podrán ser ejecutados, con material estructural y/o materiales extraídos en faenas de excavación del proyecto, teniendo en cuenta los parámetros de estos materiales, los cuales cumplan con el diseño del proyecto.

Las fuentes son según el MINVU (código de normas y Especificaciones Técnicas de obras de pavimentación, 2008) y Manual de Carreteras Chile (2019).

Los materiales a utilizar deberán de cumplir una serie de requisitos, siendo el más importante que el material este ensayado y cumpla con los parámetros dispuestos, es decir se le deberán realizar los siguientes ensayos según el tipo de relleno.

Tabla 37: Ensayos a realizar según el uso del relleno.

Rellenos	Pavimentos Radieres	Estructurales	Viales	Masivos
Granulometría	✓	✓	✓	✓
Límites de consistencia	✓	✓	✓	✓
Clasificación de suelos	✓	✓	✓	✓
Densidad de partículas solidas	-	✓	-	✓
Humedad natural	-	✓	-	✓
Proctor Modificado o Densidad Relativa	✓	✓	✓	✓
CBR	✓	✓	✓	✓
Desgaste Los Ángeles	-	-	✓	-
Equivalente de Arena	-	-	✓	-

El criterio para poder decidir entre realizar un ensayo Proctor Modificado o Densidad Relativa será que el contenido de material fino (que pasa por malla N°200,) si es mayor o igual a un 12%, se ejecutará el ensayo Proctor Modificado, en caso contrario a que sea menor a un 12%, se deberá realizar el ensayo de Densidad Relativa.

Las fuentes son según el MINVU (código de normas y Especificaciones Técnicas de obras de pavimentación, 2008) y Manual de Carreteras Chile (2019).

Los rellenos mencionados deberán cumplir con una serie de requisitos los cuales los agrupa de la siguiente manera.

Tabla 38: Especificaciones granulométricas y de compacidad de los rellenos según su uso.

Rellenos	Pavimentos Radieres	Estructurales	Viales (*)		Masivos
Tamiz	% en Peso				
3"	-	100	-	-	Material extraído de las faenas de excavación.
2 1/2"	-	-	-	-	
2"	100	-	100	-	
1 1/2"	-	-	75 - 100	100	
1"	55 - 100	70 - 100	55 - 85	90 - 100	
3/4"	-	-	-	-	
3/8"	40 - 70	-	40 - 70	45 - 75	
N°4	35 - 65	-	-	-	
N°10	20 - 50	20 -100	20 - 50	20 - 50	
N°40	10 - 30	10 - 60	10 - 30	10 - 30	
N°200	0 - 15	0 -10	5 - 15	5 - 15	
Límite Liquido	-	-	< 25	< 25	
Índice de Plasticidad	-	NP	< 6	< 6	
Sales solubles	<4	NP	<4	<4	
CBR	> 50	> 50	> 50 (Rígidos) - > 80 (Flexibles)		Según diseño
Proctor Modificado	95	95	95		95
Densidad Relativa	80	80	80		80
Desgaste Los Ángeles	-	-	< 50		-

(*) Estos materiales son los más utilizados comúnmente.

Como se muestra en la tabla anterior los materiales se rigen por un control de densidades y resistencia (CBR) la cual deben cumplir.

Cabe mencionar que para el control de las densidades de los materiales puestos en obra estos deberán cumplir además con la humedad del material, está dada por el ensayo Proctor Modificado, el cual nos entrega un a humedad optima de compactación. Al momento de medir esta densidad, su humedad no podrá variar en un rango de ±2% de lo indicado por el certificado del ensayo, emitido por un laboratorio de ensayo de materiales acreditado por el INN.

La ejecución de las faenas de rellenos se deberá realizar por capas, las cuales deberán estar establecidas en el diseño del proyecto, teniendo en cuenta además del espesor de estas, recomendando que no sean mayores a 25 cm. Su compactación deberá ejecutarse considerando la clasificación AASHTO del material, y esta deberá ser de forma pareja, de modo tal que no se produzcan desniveles superiores a 0,50 m entre sectores contiguos.

Según el tipo de material apreciado en el muestreo del sitio, el uso que se podrá dar se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 39: Uso de las UG según sus parámetros físicos.

UG	Pavimentos Radieres	Estructurales	Viales (*)	Masivos
1	No apto	No apto	No apto	No apto
2	No apto	No apto	Sub-rasante	Apto

14.10 TRATAMIENTO DE SELLOS DE FUNDACIÓN

Todos los sellos de excavación en suelos naturales (no cementados) o rellenos, deberán ser compactados hasta alcanzar una compacidad mínima equivalente al 95% del ensayo Proctor Modificado. En especial deberá considerarse este tratamiento para el nivel de sello de fundación en el que se detecte suelo de baja compacidad o alterado por el proceso de excavación.

En los otros sectores de estructuras no sensibles a asentamientos diferenciales, el tratamiento del terreno de fundación consistirá en una pasada de un rodillo liso vibratorio de mínimo 10 ton, con un mínimo de 4 pasadas por punto (planchado de la superficie).

El sello de fundación semi profunda deberá ser cubierto con un emplantillado de hormigón de resistencia mínima G10 o capa de grava con un espesor mínimo de 50 cm.

15 CONCLUSIONES

En cuanto las fundaciones se resumen como sigue:

- **La fundación para la SE podrá ser resulta mediante zapatas o losas. Las fundaciones deberán ser apoyadas a una profundidad de 0.7 m respecto a la rasante actual del terreno, y siempre apoyadas en la UG2 o UG3.**
- **Lo más favorable es fundar sobre roca, al considerar esta opción, se establecería un apoyo mixto, por lo tanto, se debe utilizar vigas cadena y demás resguardos para evitar asientos diferenciales y giros mayores al permitido.**
- **En cuanto las fundaciones serán viables el empleo de fundaciones superficiales, estas pueden tener base cuadrada, rectangular o circular o tipo pilas.**

Se recomienda que, de comprobarse durante la excavación la no concordancia en alguna zona con el modelo geotécnico previsto o con las premisas e hipótesis de cálculo, deberá ponerse inmediatamente en conocimiento del equipo técnico que suscribe, con objeto de estudiar detalladamente el caso y completar la prospección si ello fuera necesario. Se aconseja que en el momento de realizar las fundaciones se presencie un técnico competente que asegure que el apoyo se está realizando sobre las UG calculadas, teniendo especial atención que ninguna estructura apoye sobre la UG1.

Por último, resaltar que este informe únicamente recomienda fundaciones en función de las características genéticas de los materiales, de la capacidad portante de éstos, del contexto geológico de la zona de análisis **y del tipo y número de ensayos realizados**. En cualquier caso, el modelo y dimensionamiento final de las fundaciones, así como las medidas adoptadas en el diseño deberán ser determinadas en el Proyecto Final de Construcción según el criterio del Técnico Competente.

Este informe, o las secciones del mismo, no se deben usar como parte de una especificación para un proyecto, sin revisión y acuerdo por parte de GCH. Esto se debe a que **este informe se ha escrito a modo de recomendaciones y en ningún caso son instrucciones de obligado cumplimiento para la construcción**.

El presente informe se compone de 65 páginas numeradas consecutivamente y 9 anexos sin numerar.

Kazerina Martínez

Ingeniera Civil

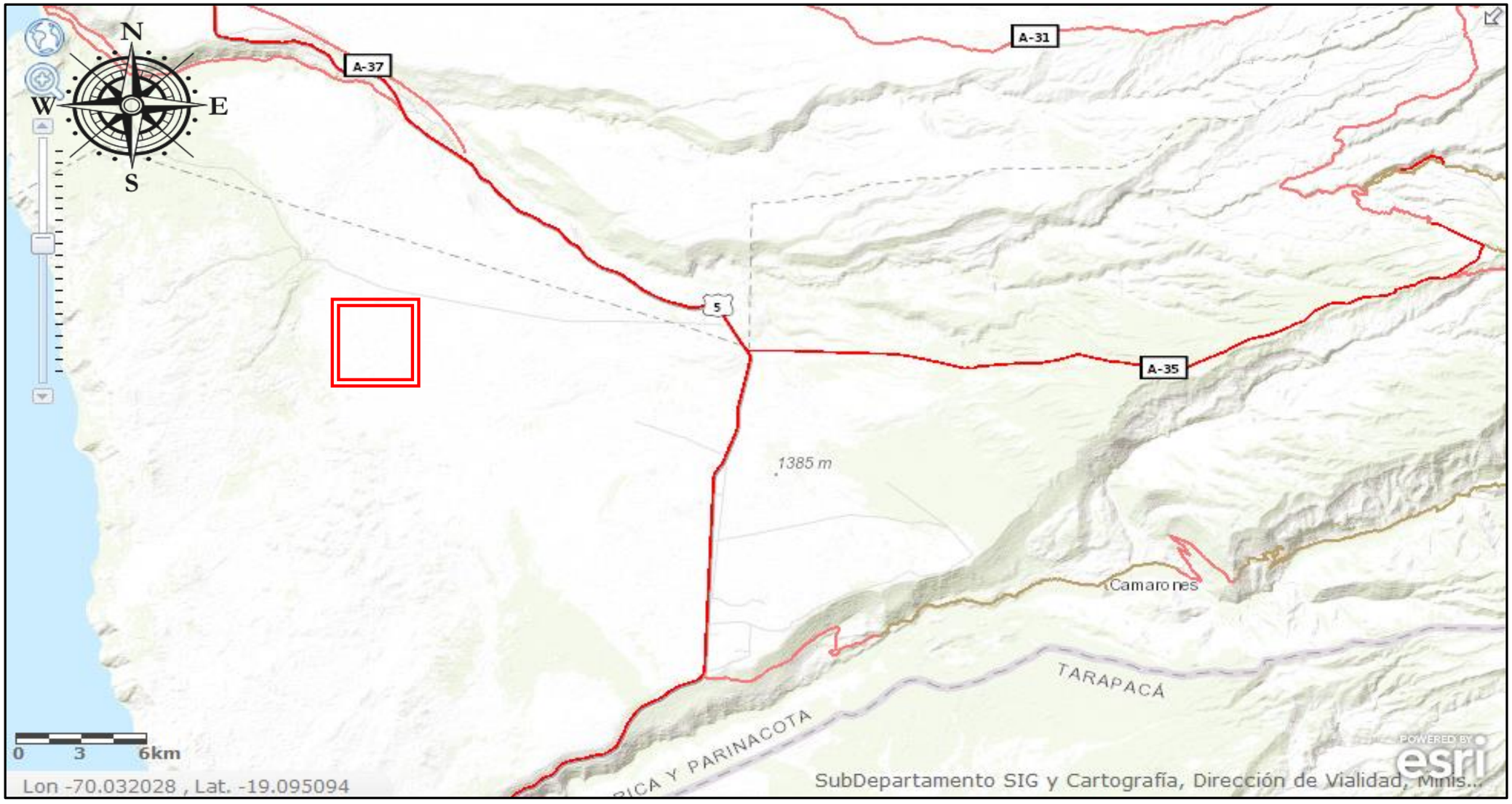
Ricardo Hernández

M. Sc. Ingeniería geológica y geotecnia

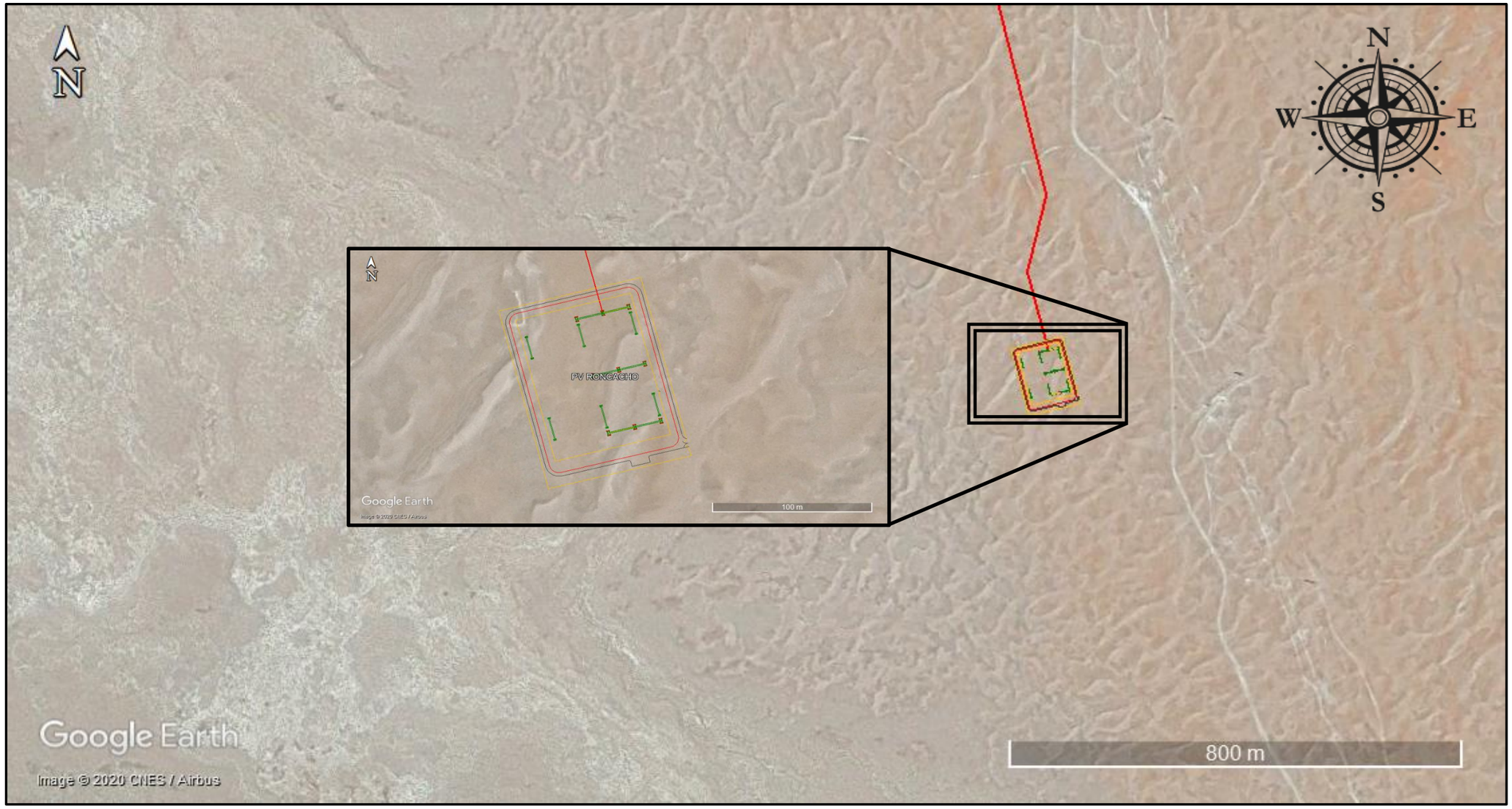
ANEXOS

ANEXO 1: LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Volver al texto



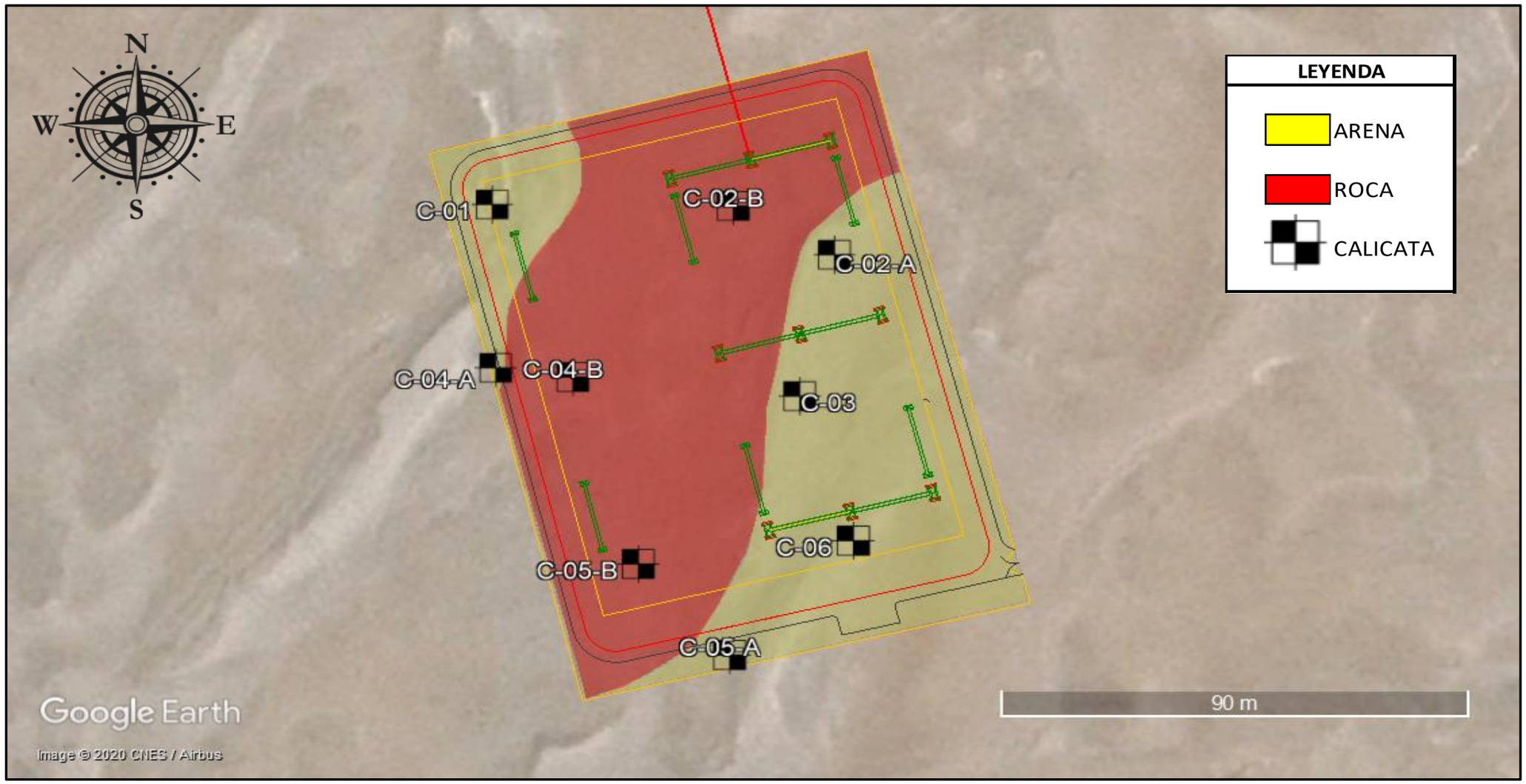
AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO** **ENGIE** **ARICA, I REGIÓN**	**MAPA DE UBICACIÓN REGIONAL**



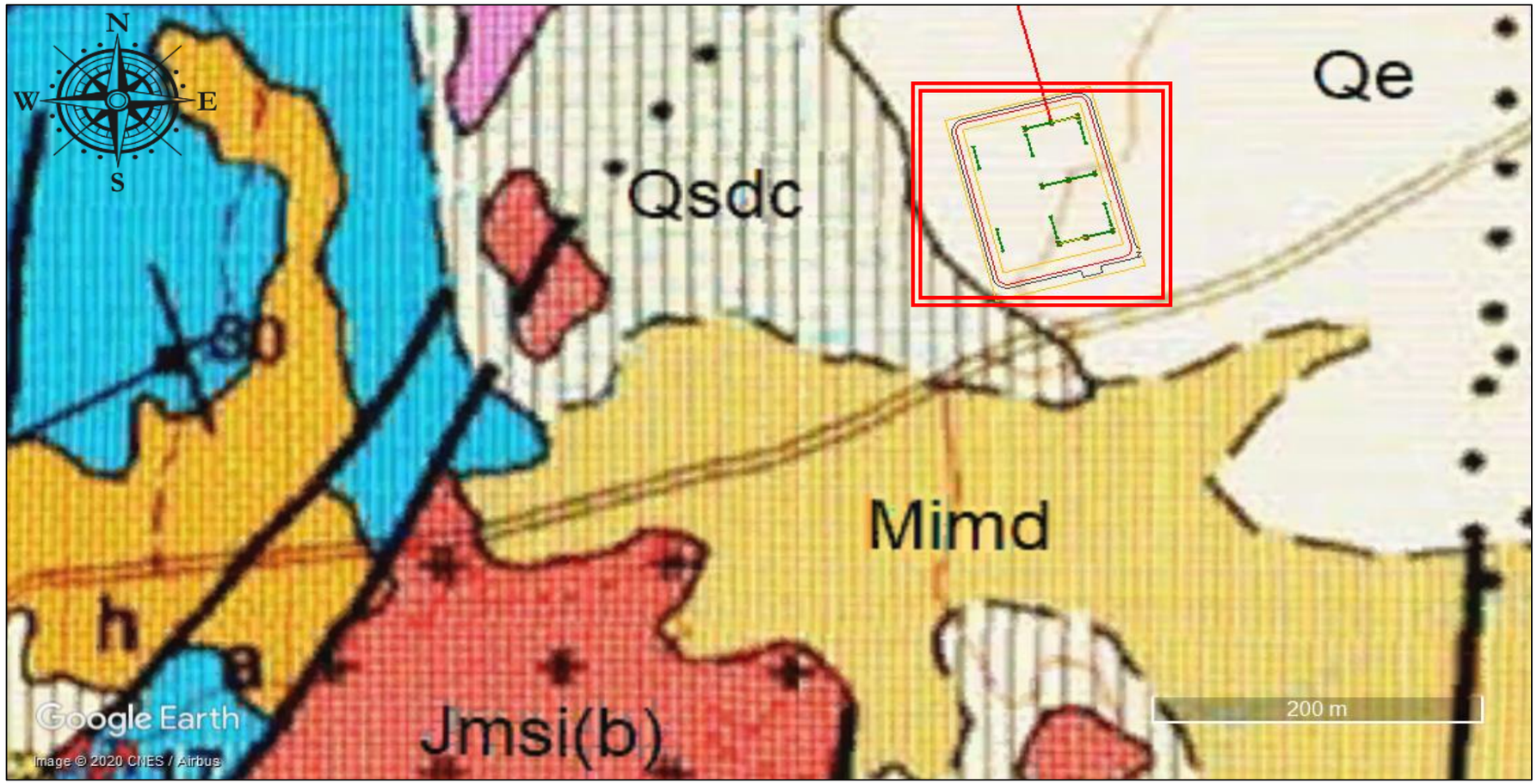
AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO**	**VISTA AÉREA REGIONAL**
			ENGIE	
			ARICA, I REGIÓN	

ANEXO 2: GEOLOGÍA

Volver al texto



AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO**	**MAPA DE TIPO DE SUELOS**
			ENGIE	
			ARICA, I REGIÓN	



Qe

Depósitos eólicos (Cuaternario)
Arenas semiconsolidadas.

Mimd

Formación El Diablo (Mioceno Inferior-Mioceno Superior bajo)
Secuencia sedimentaria *fluvial y lacustre*, constituida por areniscas, calizas, limolitas y gravas.

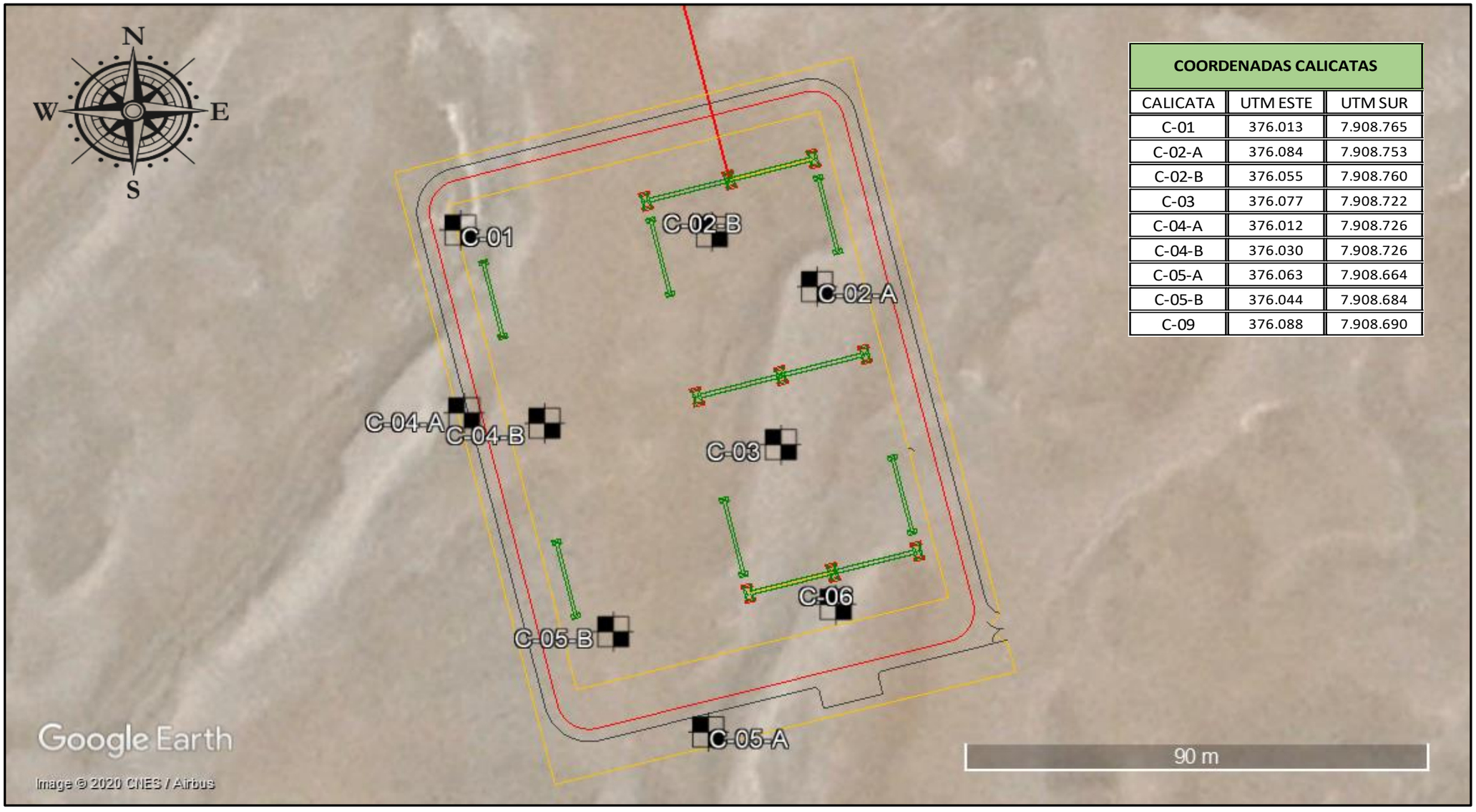
UBICACIÓN:

LEYENDA:

AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO**	**MAPA GEOLÓGICO**
			ENGIE	
			ARICA, I REGIÓN	

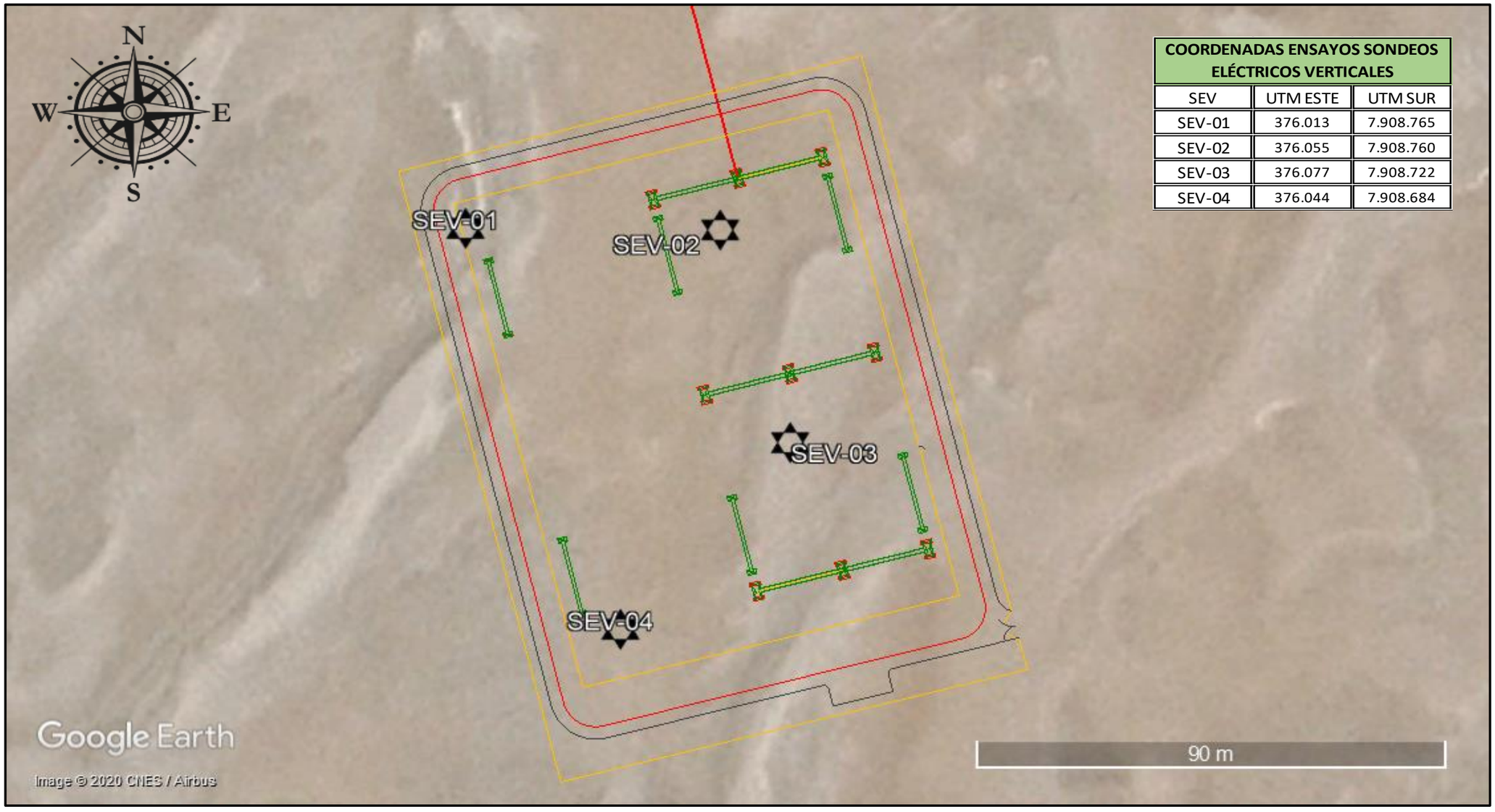
ANEXO 3: LOCALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS DE CAMPO.

Volver al texto



COORDENADAS CALICATAS		
CALICATA	UTM ESTE	UTM SUR
C-01	376.013	7.908.765
C-02-A	376.084	7.908.753
C-02-B	376.055	7.908.760
C-03	376.077	7.908.722
C-04-A	376.012	7.908.726
C-04-B	376.030	7.908.726
C-05-A	376.063	7.908.664
C-05-B	376.044	7.908.684
C-09	376.088	7.908.690

AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO** **ENGIE** **ARICA, I REGIÓN**	**CALICATAS REALIZADAS**



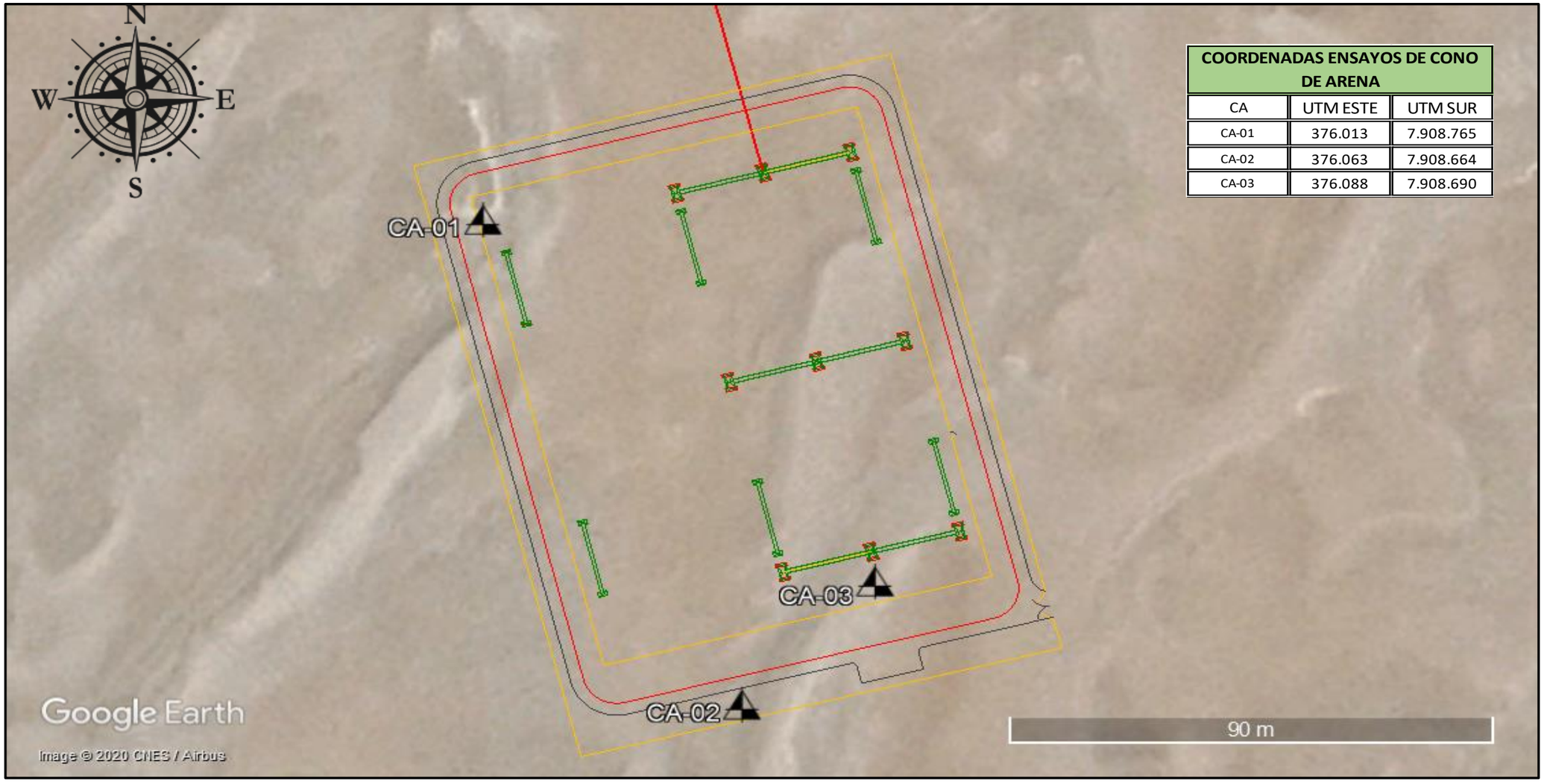
COORDENADAS ENSAYOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES		
SEV	UTM ESTE	UTM SUR
SEV-01	376.013	7.908.765
SEV-02	376.055	7.908.760
SEV-03	376.077	7.908.722
SEV-04	376.044	7.908.684

AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	PV RONCACHO ENGIE ARICA, I REGIÓN	ENSAYOS DE SONDEOS ELÉCTRICOS REALIZADOS



COORDENADAS ENSAYOS INFILTRACIÓN PORCHET		
PRM	UTM ESTE	UTM SUR
PRM-01	376.013	7.908.765
PRM-02	376.088	7.908.690

AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO**	**ENSAYOS DE INFILTRACIÓN REALIZADOS**
			ENGIE	
			ARICA, I REGIÓN	



COORDENADAS ENSAYOS DE CONO DE ARENA		
CA	UTM ESTE	UTM SUR
CA-01	376.013	7.908.765
CA-02	376.063	7.908.664
CA-03	376.088	7.908.690

AUTOR	PETICIONARIO			
GCh	ENGIE	Sistema de coordenadas WGS 1984 UTM Zone 19K Proyección: Transverse Mercator Datum: WGS 1984	**PV RONCACHO**	**ENSAYOS DE DENSIDAD IN SITU REALIZADOS**
			ENGIE	
			ARICA, I REGIÓN	

ANEXO 4: ACTAS DE LAS CALICATAS.

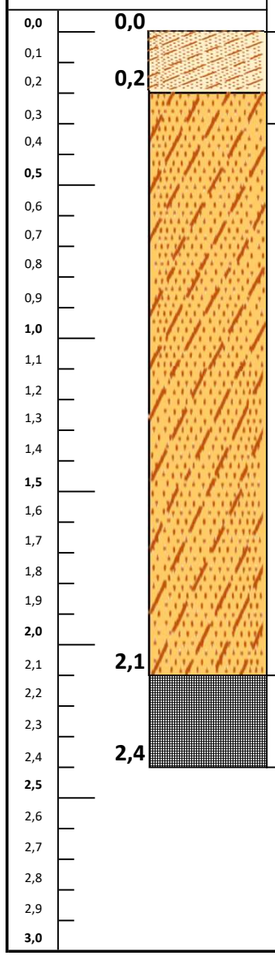
Volver al texto 4.1.1 Calicatas

Volver al texto 5.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS

Volver al texto 9.1. UNIDADES GEOTÉCNICAS (UG)

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO			**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-02-A**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO			**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.084**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**	
	N: 7.908.753			



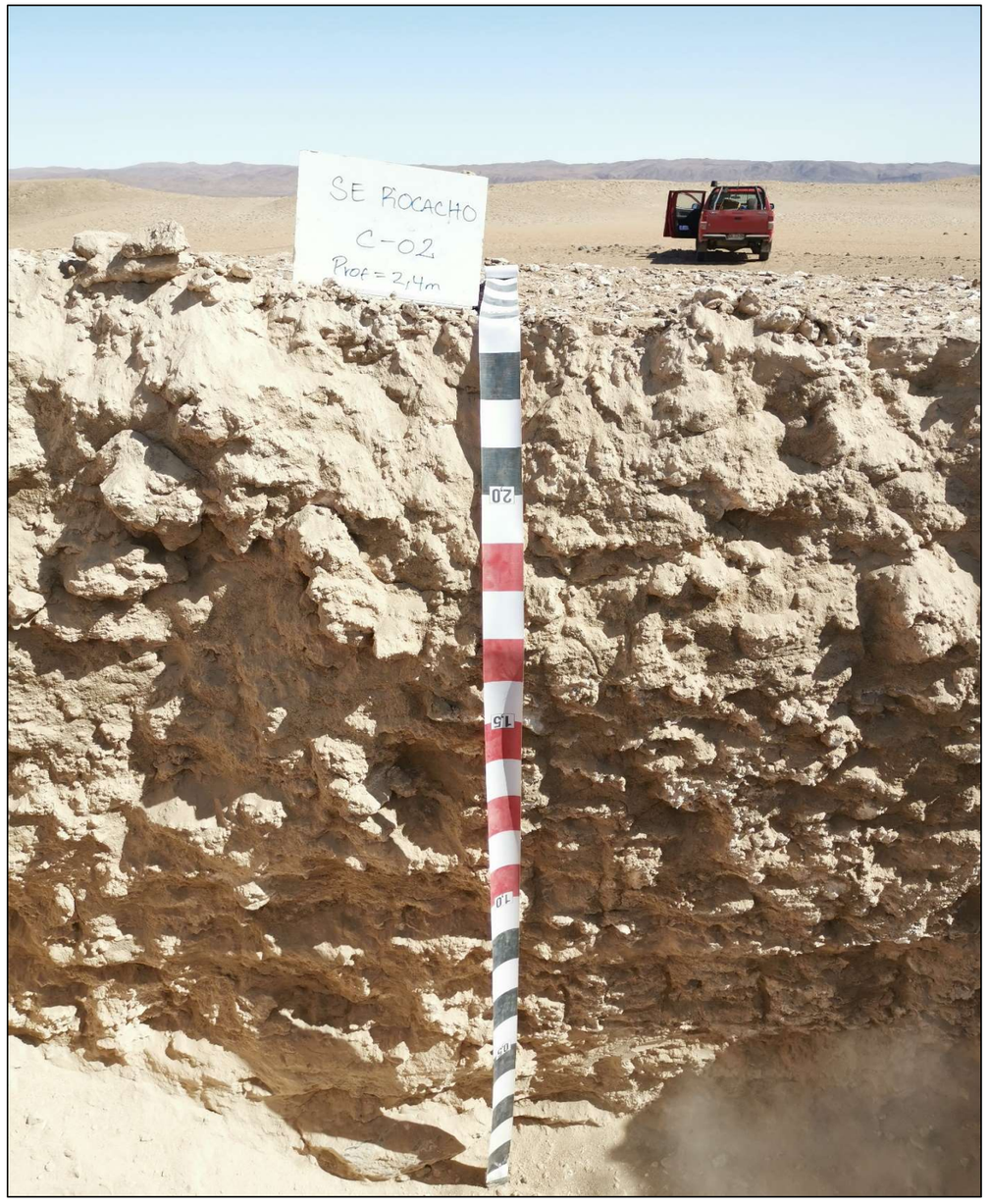
Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.								Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	
0,2 – 2,1	ARENA LIMOSA muy cementada de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Muy densa	-
2,1 – 2,4	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-02-A
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.084 N: 7.908.753	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	







ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-02-B**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.055** **N: 7.908.760**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Porchet							
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	-
0,2 – 0,5	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7 1,8 1,9 2,0

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-02-B
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.055 N: 7.908.760	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	







ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-03**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.077**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**
	N: 7.908.722		

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.								Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	
0,2 – 2,0	ARENA LIMOSA muy cementada de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Alto	Alta	Estable	Seco	-	Muy densa	-
2,0 – 2,3	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-03
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.077 N: 7.908.722	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	

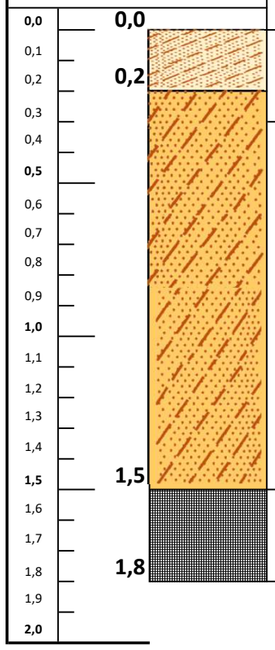






ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-04-A**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.012**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**
	N: 7.908.726		



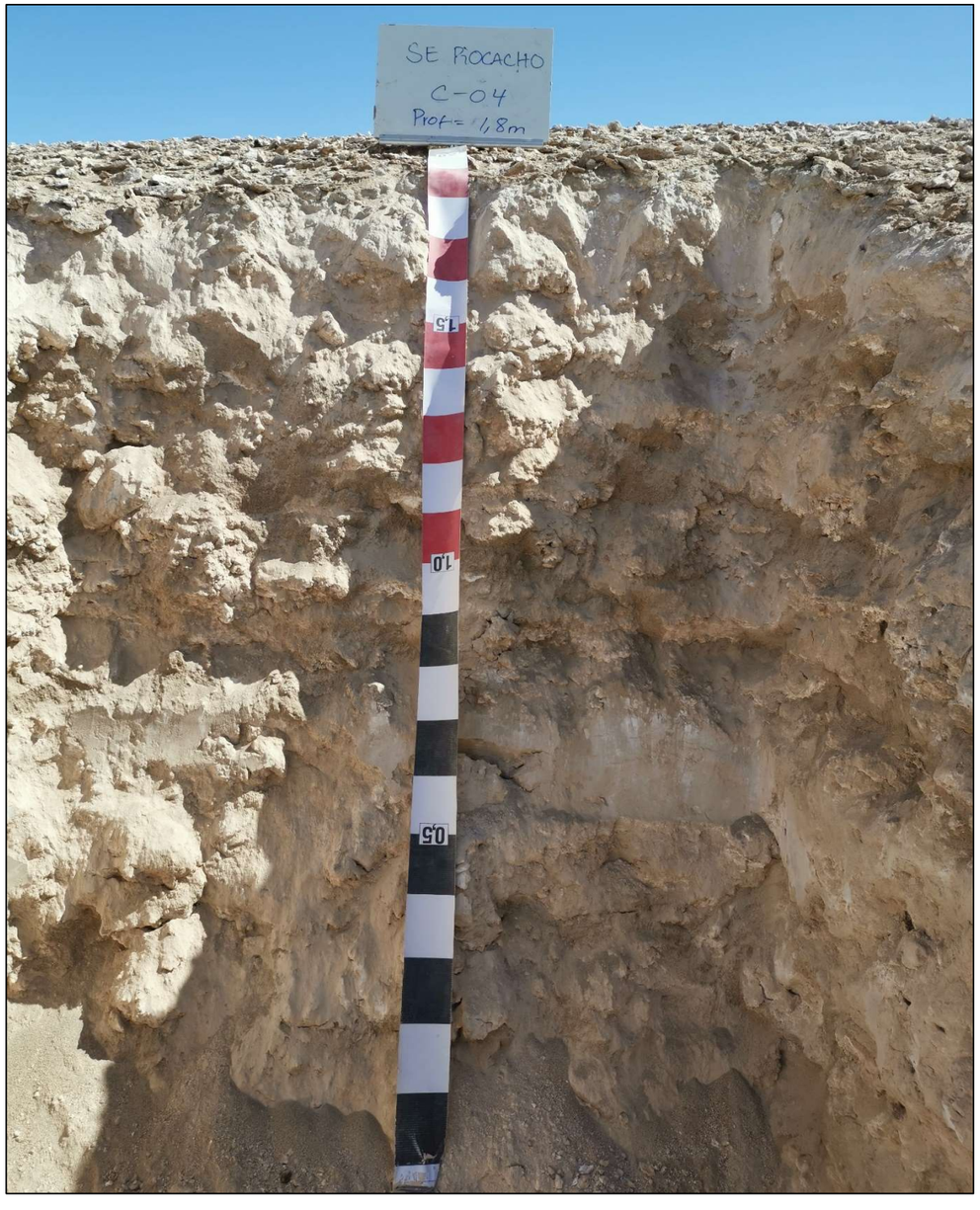
Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	M.A (0,1,2-1,4 m)	(1,0 m)	-	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	Esta calicata se realizó 13 metros hacia el oeste de la calicata propuesta inicialmente etiquetada como C-4-B. debido a que, en dicha calicata se encontró roca en superficie.
0,2 – 1,5	ARENA LIMOSA muy cementada de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.								Alto	Alta	Estable	Seco	-	Muy densa	
1,5 – 1,8	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-04-A
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.012 N: 7.908.726	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	



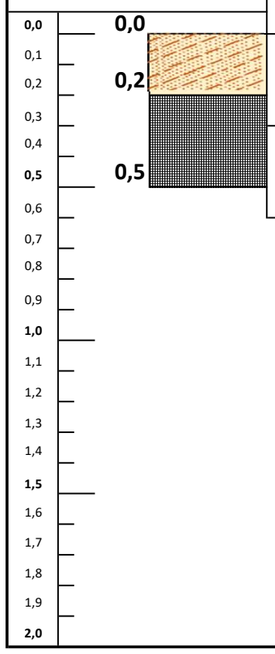




ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-04-B**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.030** **N: 7.908.726**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**

Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos		Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ"		Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
				(Si / No)	Potencia (m)		Cono Arena	Porchet							
0,0 – 0,2	AARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	Se retira la capa superficial y posteriormente se logra excavar 10 cm de roca.
0,2 – 0,5	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	



ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-04-B
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.030 N: 7.908.726	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	

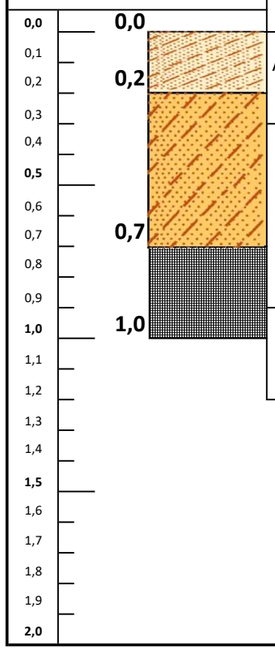






ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO			**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-05-A**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO			**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.063**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**	
	N: 7.908.664			



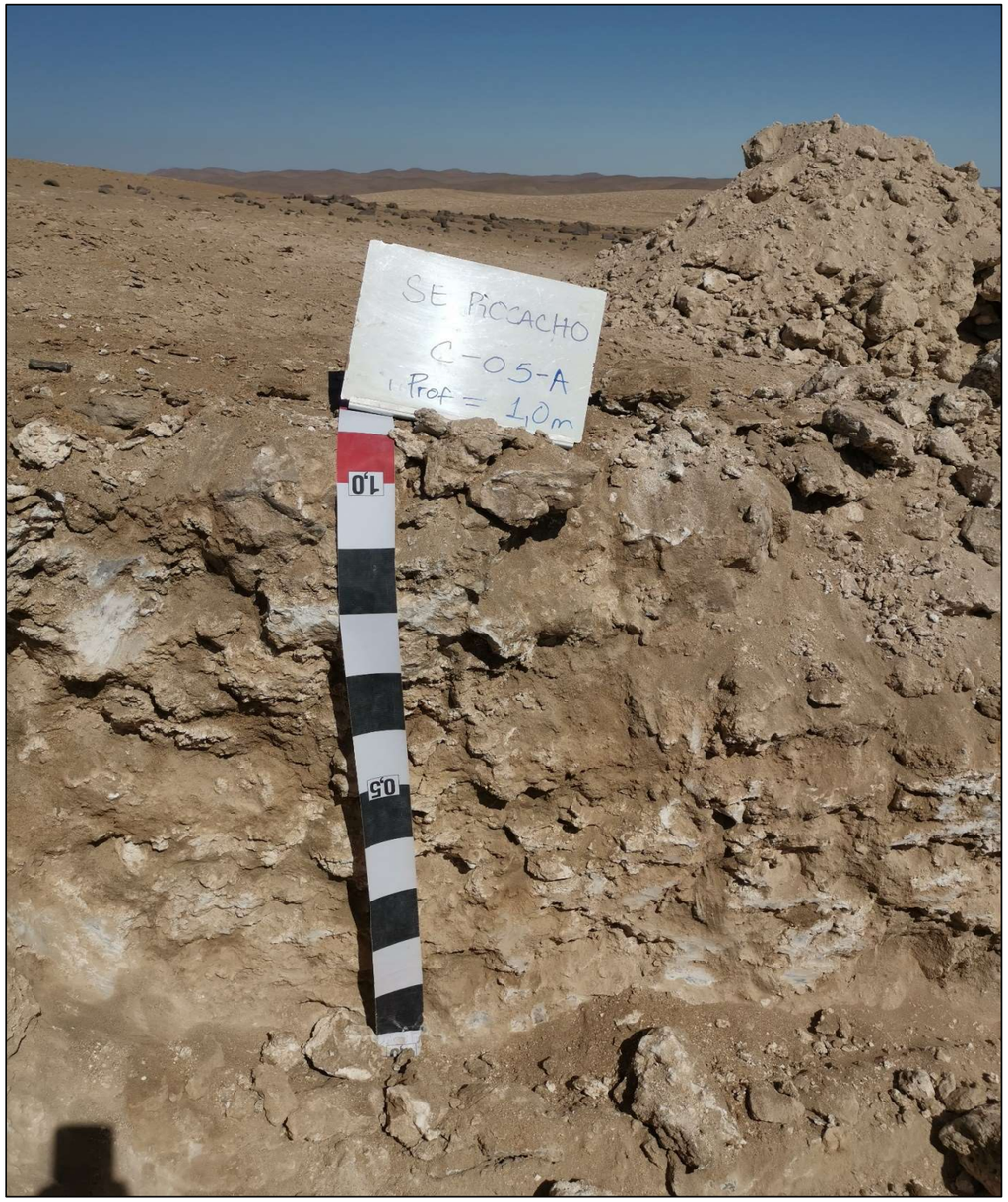
Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	-
0,2 – 0,7	ARENA LIMOSA muy cementada de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.								Alto	Alta	Estable	Seco	-	Muy densa	
0,7 – 1,0	ROCA SANA de color gris .No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-05-A
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.063 N: 7.908.664	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	

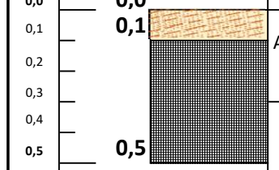






ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-05-B**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.044** **N: 7.908.684**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**



Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,1	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	-	-	-	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	-
0,1 – 0,5	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-05-B
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.044 N: 7.908.684	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	

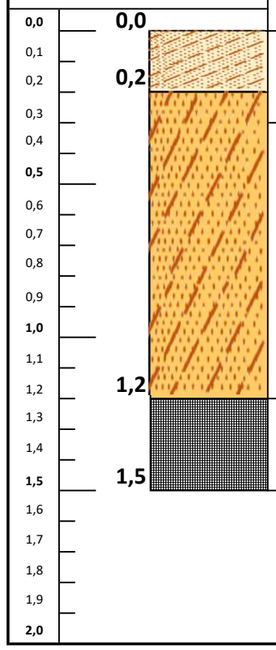






ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO		**TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25**	**CALICATA Nº: C-06**
CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO		**FECHA DE APERTURA:**	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.088**	**COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**
	N: 7.908.690		



Profundidad (m)	DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA	Profundidad del nivel freático (m)	Espesor de tierra vegetal (m)	Presencia de restos antrópicos (Si / No)	Presencia de restos antrópicos Potencia (m)	Tipo de muestra (MI / MA)	Ensayos realizados "in situ" Cono Arena	Ensayos realizados "in situ" Porchet	Grado de cementación	Resistencia a la excavación	Grado de estabilidad	Filtraciones (Bieniawski, 1989)	Consistencia de las arcillas	Compacidad, densidad relativa	Observaciones
0,0 – 0,2	ARENA LIMOSA (chusca) de color blanquecino. En general el estrato se presenta homogéneo y de compacidad muy suelta. Depósito sedimentario de origen eólico.	-	Sin Indicios	-	-	M.A (0,8-1,0 m)	(1,0 m)	(0,8 m)	Nulo	Baja	Caída de	Seco	-	Suelta	-
0,2 – 1,2	ARENA LIMOSA muy cemantada de color café claro a blanquecino, de compacidad creciente en profundidad variando de densa a muy densa. Se advierte presencia de costra salina de 15 -20 cm. Se clasifica según la USCS entre los suelos tipo SM.								Alto	Alta	Estable	Seco	-	Muy densa	
1,2 – 1,5	ROCA SANA de color gris . No excavable con excavadora.								-	No ripable	Estable	-	-	Muy densa	

ESTRATIGRAFÍA DE CALICATAS
GEOTECNIA CHILE

PROYECTO: SE RONCACHO CLAVE: Exp_333_ENGIE_ARICA SE RONCACHO UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN			TIEMPO DE PERMANENCIA DE LA CALICATA ABIERTA (h): 0,25 FECHA DE APERTURA: 27.05.2020 TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	CALICATA Nº: C-06
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.088 N: 7.908.690	COTA RESPECTO A LA MAS BAJA EN TERRENO (m): 0,0	OBSERVACIONES EN TERRENO:	







ANEXO 5: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES.

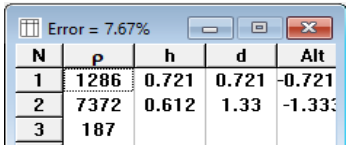
Volver al texto SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL

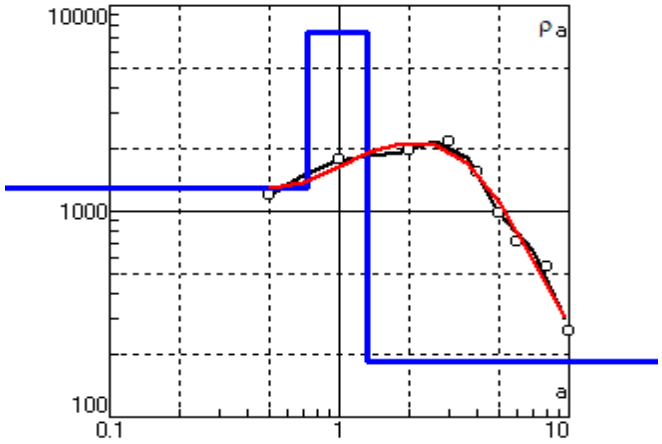
Volver al texto INTERPRETACIÓN DE LOS SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

PROYECTO: PV RONCACHO		METODO: MÉTODO WENNER		SEV-01
CLAVE: 333_ENGIE_Arica_SE Roncacho_MS		HORA: 15:40 HR.	EQUIPO: TERCA 6470N CHAUVIN ARNOUX	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		HUMEDAD: 65-70%	TÉCNICO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.013	TEMPERATURA: 25°-27° C	CONDICIONES SUPERFICIALES DELTERRENO: TERRENO DESÉRTICO SECO	
	N: 7.908.765	FECHA : 27.05.2020		

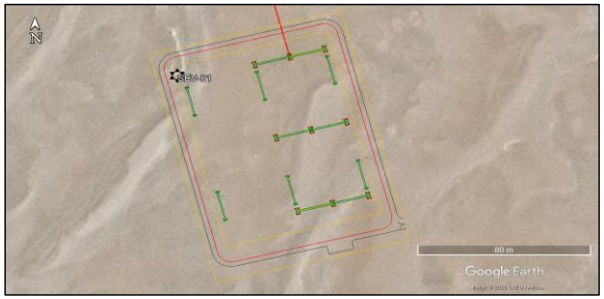
n (medida)	d	Rho (Ohm-m)
1	0,5	1200
2	1,0	1780
3	2,0	1980
4	3,0	2170
5	4,0	1560
6	5,0	989
7	6,0	714
8	8,0	541
9	10,0	263
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-

Capa	ρ (Ohm-m)	Espesor	Desde (m)	Hasta (m)
1	1.286	0,7	0,0	0,7
2	7.372	0,6	0,7	1,3
3	187	∞	1,3	∞









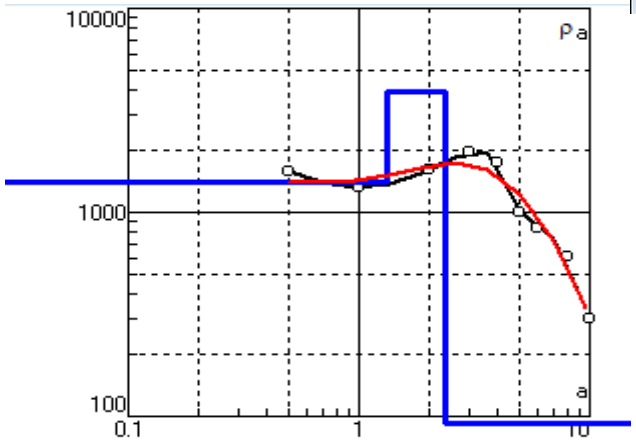
PROYECTO: PV RONCACHO		METODO: MÉTODO WENNER		SEV-02
CLAVE: 333_ENGIE_Arica_SE Roncacho_MS		HORA: 16:20 HR.	EQUIPO: TERCA 6470N CHAUVIN ARNOUX	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		HUMEDAD: 65-70%	TÉCNICO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.055	TEMPERATURA: 25°-27° C	CONDICIONES SUPERFICIALES DELTERRENO: TERRENO DESÉRTICO SECO	
	N: 7.908.760	FECHA : 27.05.2020		

n (medida)	d	Rho (Ohm-m)
1	0,5	1580
2	1,0	1320
3	2,0	1610
4	3,0	1980
5	4,0	1760
6	5,0	1010
7	6,0	833
8	8,0	603
9	10,0	301
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-

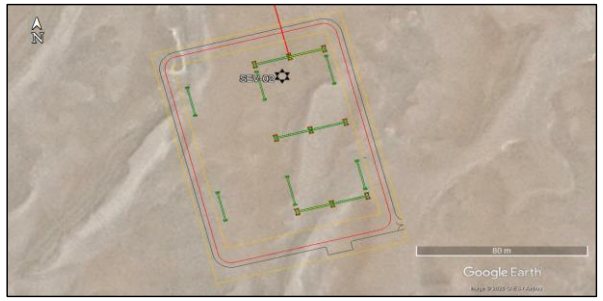
Capa	ρ (Ohm-m)	Espesor	Desde (m)	Hasta (m)
1	1.401	1,3	0,0	1,3
2	3.922	1,1	1,3	2,4
3	93	∞	2,4	∞

Error = 10.6%

N	ρ	h	d	Alt
1	1401	1.33	1.33	-1.329
2	3922	1.04	2.37	-2.369
3	92.2			







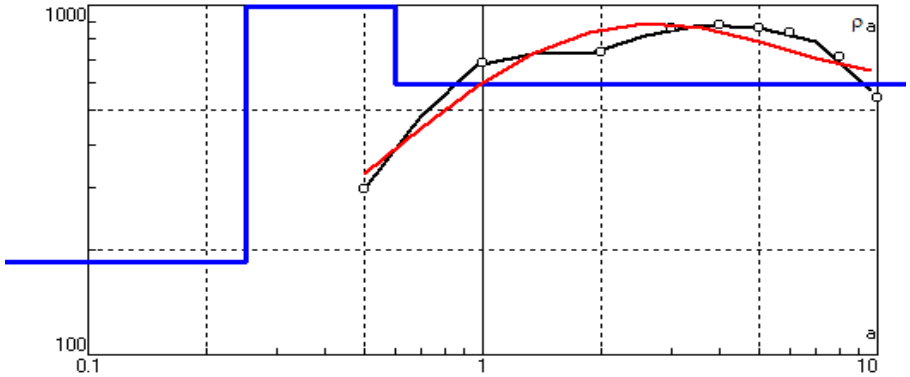
PROYECTO: PV RONCACHO		METODO: MÉTODO WENNER		SEV-03
CLAVE: 333_ENGIE_Arica_SE Roncacho_MS		HORA: 17:30 HR.	EQUIPO: TERCA 6470N CHAUVIN ARNOUX	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		HUMEDAD: 50-60%	TÉCNICO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.077	TEMPERATURA: 25°-29° C	CONDICIONES SUPERFICIALES DELTERRENO: TERRENO DESÉRTICO SECO	
	N: 7.908.722	FECHA : 27.05.2020		

n (medida)	d	Rho (Ohm-m)
1	0,5	299
2	1,0	682
3	2,0	735
4	3,0	862
5	4,0	877
6	5,0	861
7	6,0	836
8	8,0	714
9	10,0	542
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-

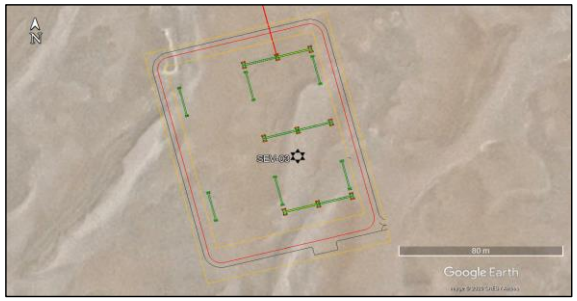
Capa	ρ (Ohm-m)	Espesor	Desde (m)	Hasta (m)
1	184	0,2	0,0	0,2
2	3.993	0,4	0,2	0,6
3	592	∞	0,6	∞

Error = 10%

N	ρ	h	d	Alt
1	184	0.25	0.25	-0.25
2	3993	0.349	0.599	-0.598
3	592			







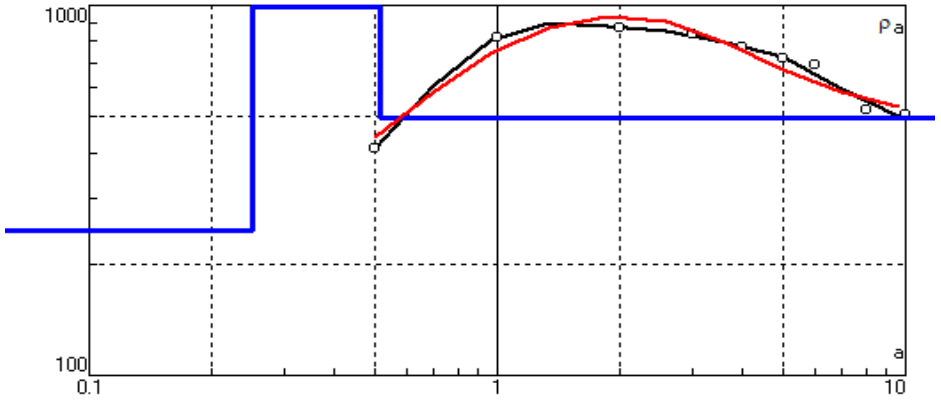
PROYECTO: PV RONCACHO		METODO: MÉTODO WENNER		SEV-04
CLAVE: 333_ENGIE_Arica_SE Roncacho_MS		HORA: 18:20 HR.	EQUIPO: TERCA 6470N CHAUVIN ARNOUX	
UBICACIÓN: ARICA, I REGIÓN		HUMEDAD: 50-60%	TÉCNICO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA	
COORDENADAS (X,Y):	E: 376.044	TEMPERATURA: 25°-29° C	CONDICIONES SUPERFICIALES DELTERRENO: TERRENO DESÉRTICO SECO	
	N: 7.908.684	FECHA : 27.05.2020		

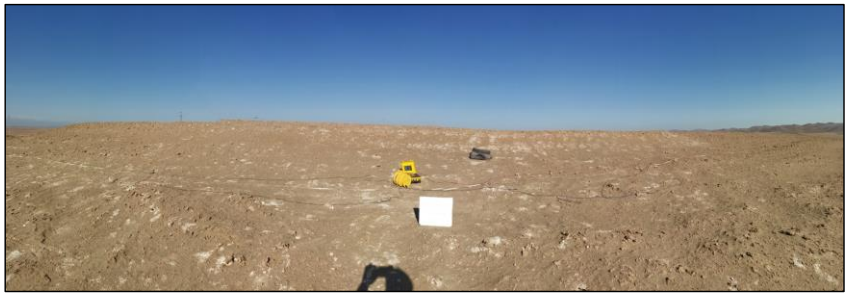
n (medida)	d	Rho (Ohm-m)
1	0,5	412
2	1,0	821
3	2,0	872
4	3,0	831
5	4,0	772
6	5,0	720
7	6,0	689
8	8,0	521
9	10,0	504
10	-	-
11	-	-
12	-	-
13	-	-
14	-	-
15	-	-

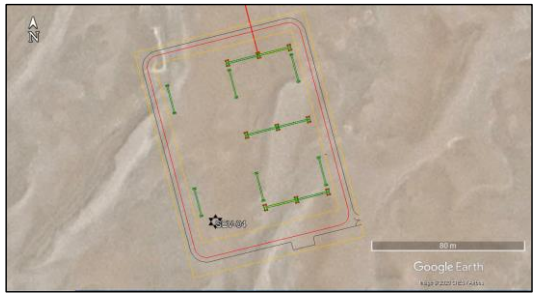
Capa	ρ (Ohm-m)	Espesor	Desde (m)	Hasta (m)
1	247	0,2	0,0	0,2
2	4.835	0,3	0,2	0,5
3	495	∞	0,5	∞

Error = 5.59%

N	ρ	h	d	Alt
1	247	0.25	0.25	-0.25
2	4835	0.267	0.517	-0.517
3	495			







ANEXO 6: ACTAS DEL ENSAYO DE INFILTRACIÓN

Volver al texto

ENSAYO DE PERMEABILIDAD MÉTODO PORCHET

ENSAYOS DE TERRNO

GEOTECNIA CHILE

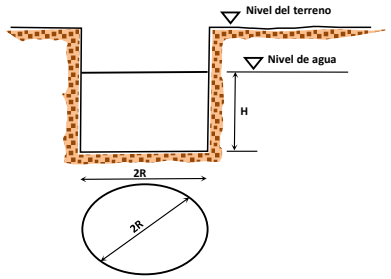
PROYECTO: PV RONCACHO			**TIEMPO DURACIÓN ENSAYO (MIN): 4,16666666666667**	**PORCHET Nº: PRM-01**
CLAVE: 333_ENGIE_ARICA_SE RONCACHO_MS			**FECHA DE APERTURA: 27.05.2020**	
UBICACIÓN: ARICA, XV REGIÓN			**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.013**	**CALICATA N°: 1**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**	
	N: 7.908.765			

DATOS DE REFERENCIA	
Profundidad del ensayo (m):	0
Altura excavación pozo (mm):	300
Radio excavación pozo (mm):	150

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Valor promedio Infiltración "f" (mm/h):	**320**
Valor promedio Infiltración "f" (cm/s):	**8,9E-03**

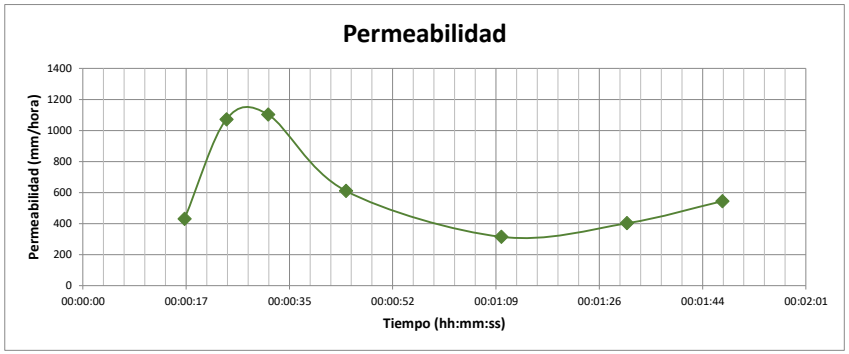
FORMULA APLICADA

$$F = \frac{R}{2 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \mathrm{Ln}\left(\frac{2 \cdot H_1 + R}{2 \cdot H_2 + R}\right)$$



OBSERVACIONES:

Nivel (mm)	Tiempo (Seg)	Tiempo (horas)	2h+R (mm)	infiltración "f" (mm/h)	Tiempo (hh:mm:ss)
300	0	0,000	750	0	00:00:00
290	17	0,005	730	429	00:00:17
280	24	0,007	710	1071	00:00:24
270	31	0,009	690	1102	00:00:31
260	44	0,012	670	611	00:00:44
250	70	0,019	650	315	00:01:10
240	91	0,025	630	402	00:01:31
230	107	0,030	610	544	00:01:47
220	136	0,0378	590	0	00:02:16
210	154	0,0428	570	0	00:02:34
200	171	0,0475	550	0	00:02:51
190	193	0,0536	530	0	00:03:13
180	221	0,0614	510	0	00:03:41
170	250	0,0694	490	0	00:04:10
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-





ENSAYO DE PERMEABILIDAD MÉTODO PORCHET

ENSAYOS DE TERRNO

GEOTECNIA CHILE

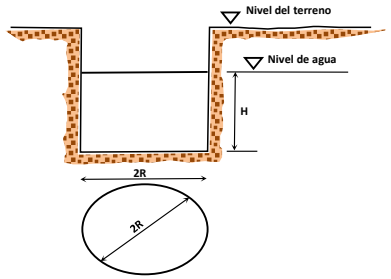
PROYECTO: PV RONCACHO			**TIEMPO DURACIÓN ENSAYO (MIN): 2,38333333333333**	**PORCHET Nº: PRM-02**
CLAVE: 333_ENGIE_ARICA_SE RONCACHO_MS			**FECHA DE APERTURA: 27.05.2020**	
UBICACIÓN: ARICA, XV REGIÓN			**TÉCNICO DE TERRENO: DIEGO LOZANO-JOAQUIN ORTEGA**	
COORDENADAS (X,Y):	**E: 376.088**	**CALICATA N°: 6**	**OBSERVACIONES EN TERRENO:**	
	N: 7.908.690			

DATOS DE REFERENCIA	
Profundidad del ensayo (m):	0,5
Altura excavación pozo (mm):	300
Radio excavación pozo (mm):	150

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Valor promedio Infiltración "f" (mm/h):	**291**
Valor promedio Infiltración "f" (cm/s):	**8,1E-03**

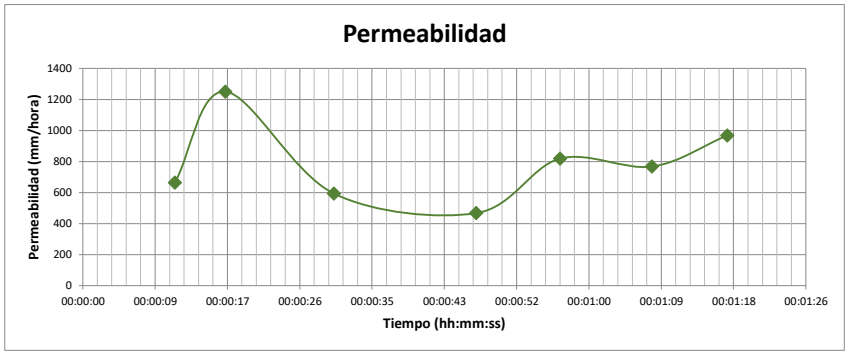
FORMULA APLICADA

$$F = \frac{R}{2 \cdot (t_2 - t_1)} \cdot \mathrm{Ln}\left(\frac{2 \cdot H_1 + R}{2 \cdot H_2 + R}\right)$$



OBSERVACIONES:

Nivel (mm)	Tiempo (Seg)	Tiempo (horas)	2h+R (mm)	infiltración "f" (mm/h)	Tiempo (hh:mm:ss)
300	0	0,000	750	0	00:00:00
290	11	0,003	730	663	00:00:11
280	17	0,005	710	1250	00:00:17
270	30	0,008	690	593	00:00:30
260	47	0,013	670	467	00:00:47
250	57	0,016	650	818	00:00:57
240	68	0,019	630	767	00:01:08
230	77	0,021	610	968	00:01:17
220	81	0,0225	590	0	00:01:21
210	84	0,0233	570	0	00:01:24
200	88	0,0244	550	0	00:01:28
190	92	0,0256	530	0	00:01:32
180	97	0,0269	510	0	00:01:37
170	101	0,0281	490	0	00:01:41
160	116	0,0322	470	0	00:01:56
150	125	0,0347	450	0	00:02:05
140	132	0,0367	430	0	00:02:12
130	138	0,0383	410	0	00:02:18
120	143	0,0397	390	0	00:02:23
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-



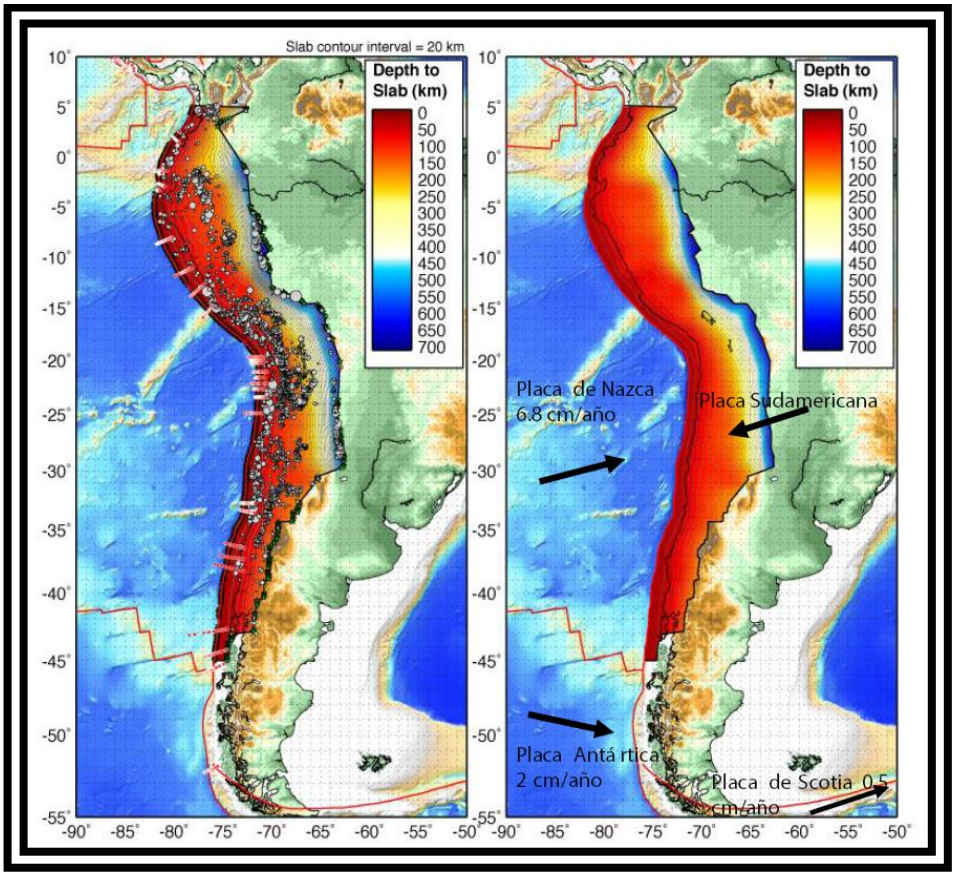


ANEXO 7: ANÁLISIS SÍSMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Volver al texto

Chile se encuentra ubicado sobre la placa Sudamericana en su borde occidental, donde convergen generando zonas de subducción las placas de Nazca y Antártica, en tanto que la placa de Scotia se desliza horizontalmente respecto a la placa Sudamericana, en un borde de placas transcurrente. Estas interacciones producen una gran deformación del continente Sudamericano, y generan terremotos en todo Chile. Debido a la alta velocidad de convergencia entre Nazca y Sudamérica, la sismicidad en esa zona es la más intensa y produce los mayores terremotos en el país.

Figura: Marco Tectónico del borde occidental del continente sudamericano.



A continuación, se desarrollan los cálculos según lo reglamentado en la NCh 2369 de 2003 "Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales" y con las consideraciones recogidas en la Sección 3.1004 “Diseño Sísmico” del Manual de Carreteras de Chile y el “Decreto tramitado por el Ministerio de vivienda y urbanismo del 6/12/2011” se ofrece la siguiente caracterización del terreno en términos de sismicidad.

El **Coeficiente Sísmico** se determina en base:

$$C = \frac{2{,}75A_0}{gR}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq \frac{0{,}25A_0}{g}$$

A_0 Aceleración efectiva máxima, según zonificación sísmica

T´: Parámetro según el tipo de suelo de fundación

N: Parámetro según el tipo de suelo de fundación

T*: Periodo fundamental de vibración, función del tipo de estructura

R: Factor de modificación de la respuesta

ξ: Razón de amortiguamiento

El análisis modal espectral se debe hacer para el espectro de diseño siguiente:

$$S_a = \frac{2{,}75IA_0}{R}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq IC_{máx}g$$

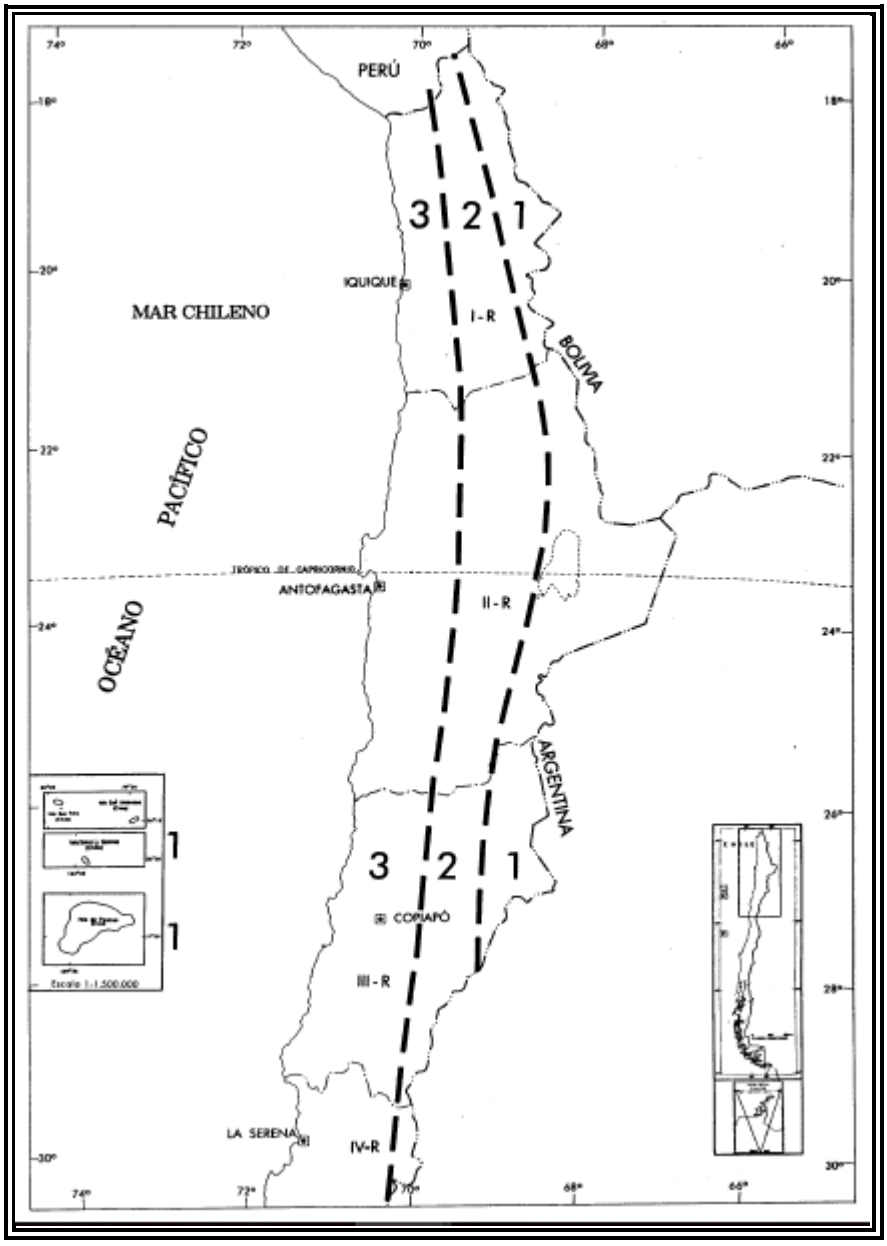
Siendo I el coeficiente de importancia de la estructura (este dato deberá ser decidido en última instancia por el calculista).

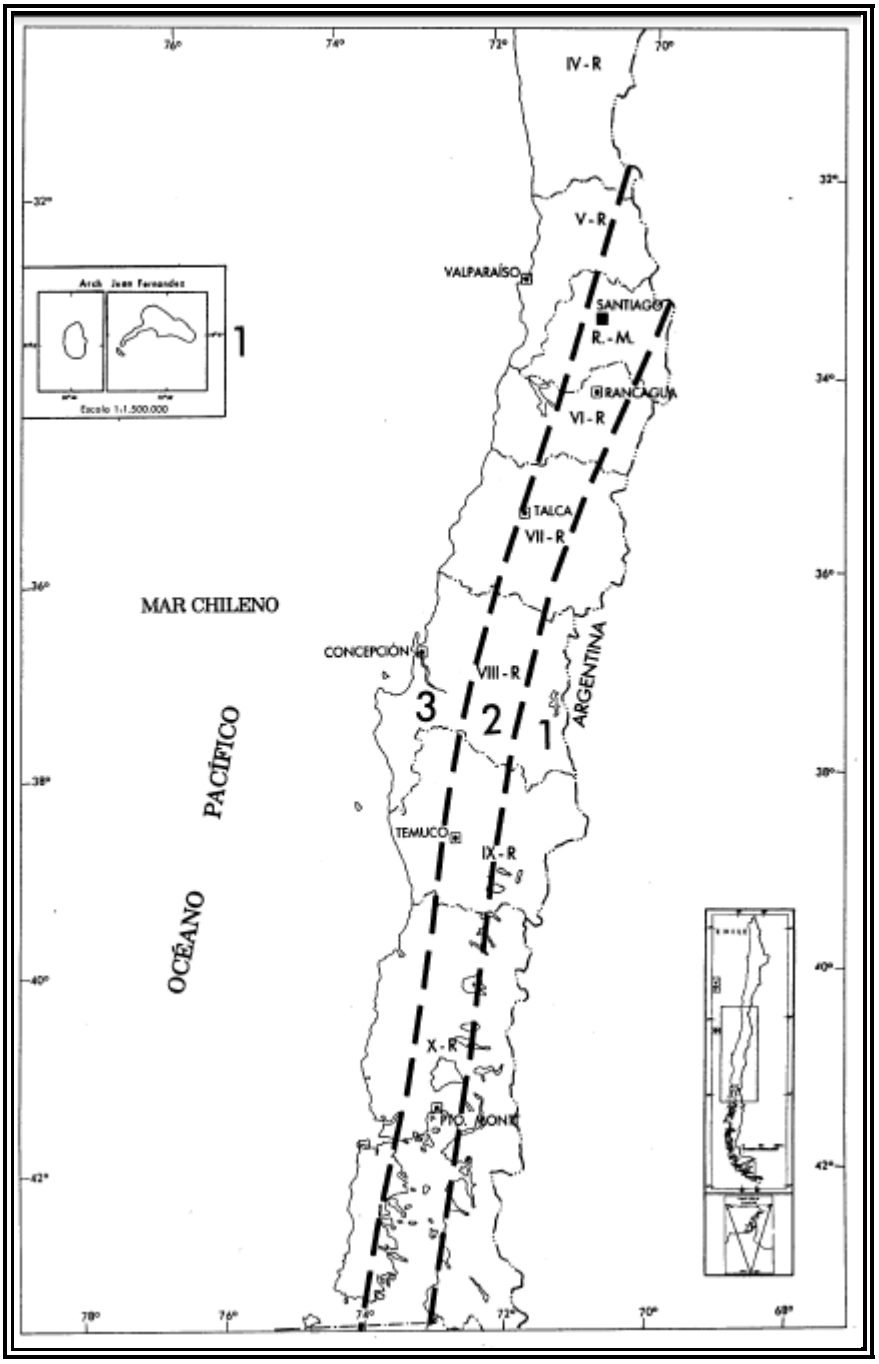
Se proceden a obtener los distintos parámetros para obtener el coeficiente sísmico:

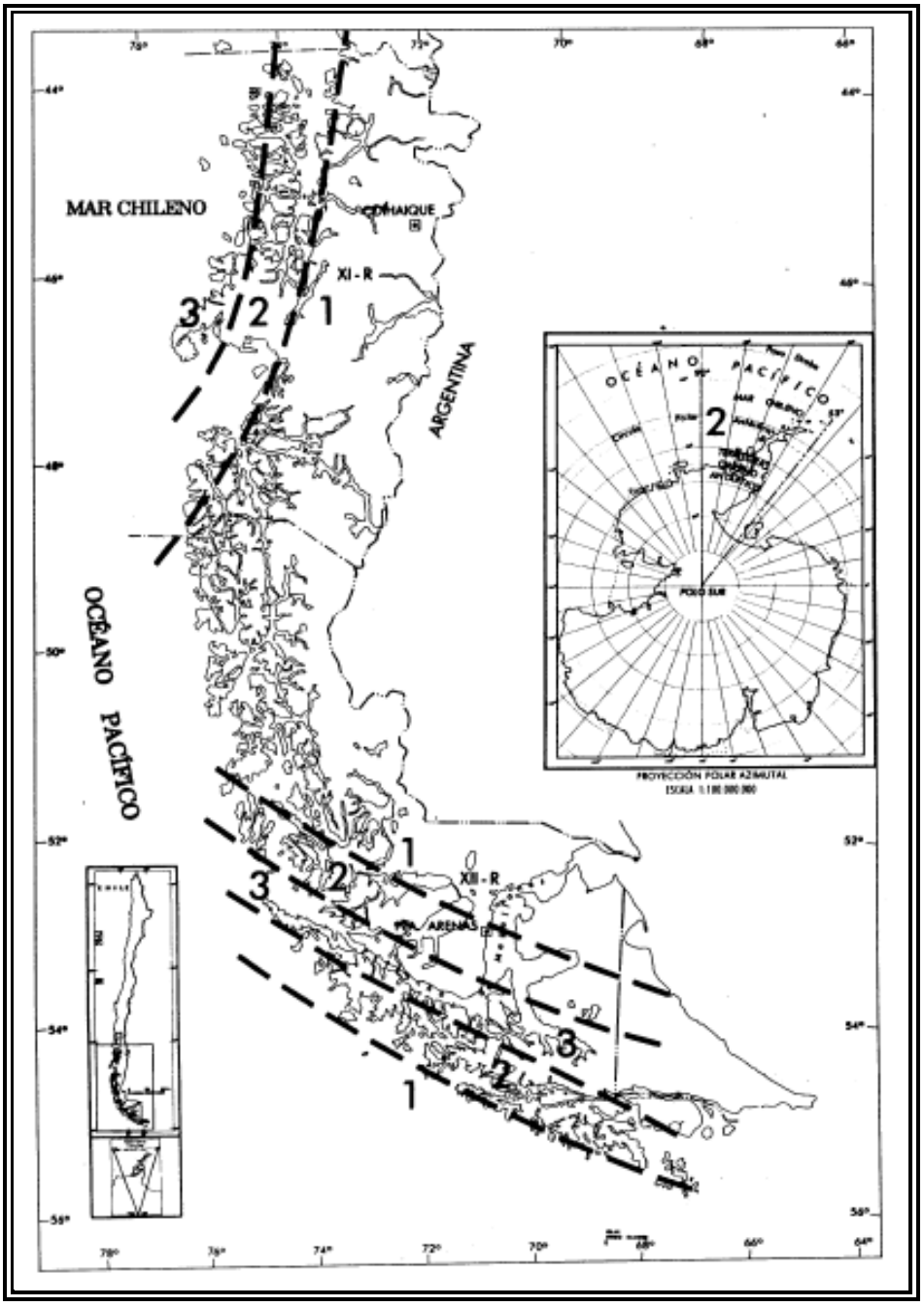
$$S_a = \frac{2{,}75IA_0}{R}\left(\frac{T'}{T^*}\right)^n\left(\frac{0{,}05}{\xi}\right)^{0{,}4} \geq IC_{máx}g$$

Zonificación Sísmica:

Figura: Zonificación Sísmica de Chile




IV - R
V - R
VALPARAÍSO
SANTIAGO
R. - M.
RANCAGUA
VI - R
TALCA
VII - R
MAR CHILENO
CONCEPCIÓN
VIII - R
ARGENTINA
PACÍFICO
OCÉANO
TEMUCO
IX - R
X - R
PTO. MONTT
Arch. Juan Fernandez
Escala 1:1.500.000
1
2
3


MAR CHILENO
COYHAIQUE
XI - R
ARGENTINA
OCÉANO PACÍFICO
XII - R
PUNTA ARENAS
OCÉANO PACÍFICO
POLO SUR
PROYECCIÓN POLAR AZIMUTAL

Según el Manual de Carreteras la Aceleración Efectiva Máxima del suelo Ao se determinan en la siguiente tabla de acuerdo a la zonificación sísmica de Chile indicada en las figuras anteriores.

La fracción de la aceleración de gravedad g de la Aceleración Efectiva Máxima Ao se denomina Coeficiente de Aceleración Efectiva Máxima, A´o, este es un coeficiente adimensional determinado de acuerdo a la expresión A´o = Ao /g

TABLA 3.1004.302.A
VALOR DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A_0 Y COEFICIENTE DE ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A'_0

Zona Sísmica	A_o	A'_o
1	0,20 g	0,20
2	0,30 g	0,30
3	0,40 g	0,40

Según el Manual de Carreteras la aceleración máxima del suelo (ao) se determina según la siguiente tabla de acuerdo a la zonificación sísmica de Chile anteriormente vista.

TABLA 3.1004.303.A
VALOR DE ACELERACION MAXIMA DEL SUELO a_0 COMPARACION CON VALOR ACELERACION EFECTIVA MAXIMA A_O.

Zona Sísmica	a_o	A_o
1	0,30g	0,20g
2	0,40g	0,30g
3	0,50g	0,40g

- **Tipología del terreno de fundación:**

Según la NCh 2369 de 2003 tenemos los siguientes tipos de suelo.

Tabla: Según la NCh 2369 de 2003

Tipo de suelo	Descripción
I	Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ v_s igual o mayor a 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y RQD igual o mayor que 50%.
II	a) Suelo con v_s igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien, b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad $ID(DR)$ (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien; c) Arena densa, con $ID(DR)$ mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar N mayor que 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa), o grado de compactación superior al 95% del valor Proctor Modificado; o bien, d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 Pa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras. En todo los casos, las condiciones indicadas deberán cumplirse independientemente de la posición del nivel freático y el espesor mínimo del estrato debe ser 20 m. Si el espesor sobre la roca es menor que 20 m, el suelo se clasificará como tipo I.
III	a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien, b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien, c) Suelo cohesivo con s_u comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien, d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.
IV	Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0,025 MPa (q_u igual o menor que 0,050 MPa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según la NCh 2369 del 2003.

Tipo de suelo	T' (s)	n
I	0,20	1,00
II	0,35	1,33
III	0,62	1,80
IV	1,35	1,80

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según el D.S. 61 del 2011.

Tipo de Suelo	S	T_0 seg	T' seg	n	p
A	0.90	0.15	0.20	1.00	2.0
B	1.00	0.30	0.35	1.33	1.5
C	1.05	0.40	0.45	1.40	1.6
D	1.20	0.75	0.85	1.80	1.0
E	1.30	1.20	1.35	1.80	1.0
F	*	*	*	*	*

Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	≥ 50%	≥10 (ε_{qu}≤2%)		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		≥ 0,40 (ε_{qu}≤2%)	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		≥ 0,30 (ε_{qu}≤2%)	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180			≥ 30	≥0,05
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180			≥ 20	<0,05
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

El coeficiente sísmico horizontal según distintas normativas será:

- $K_h = 0{,}3 * a_{máx}$ $K_h = 0{,}3 * a_{máx}$ (NCh-2369-de-2003)

- $K_h = K_1 S \frac{A_0}{2g}$ $K_h = K_1 S(A_0/2g)$ (Manual de carreteras. Chile):

Tabla: Parámetros sísmicos del suelo según el Manual de Carreteras.

TABLA 3.1004.308.A
COEFICIENTE DEL SUELO (S)

Tipo de Suelo	S
I	0,9
II	1,0
III	1,2
IV	1,3

El Coeficiente sísmico vertical viene dado por la siguiente expresión:

$$Kv = 2/3 * Kh$$

ANEXO 8: CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE Y ASIENTOS TOLERABLES.

Volver al texto

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de b¡ que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor g¡ para terreno en pendencia.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación *D/B*, ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de D/B <1

$$d_c = 1 + 0.4\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\frac{D}{B}$$

Para valores D/B>1:

$$d_c = 1 + 0.4\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2\tan\varphi(1-\sin\varphi)^2\tan^{-1}\frac{D}{B}$$

En el caso $\varphi = 0$

D/B	*0*	*1*	*1.1*	*2*	*5*	*10*	*20*	*100*

d'_c	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápices (') valen cuando φ=0.

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c}\frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 \qquad \textit{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L}\tan\varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4\frac{B}{L}$$

Factores de inclinación de la carga

$$i_c' = 0.5 - 0.5\sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta/450)H}{V + A_f c_a \cot\varphi}\right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g_c' = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5\tan\beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)

$$b_c' = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = exp(-2\eta\tan\varphi)$$

$$b_q = exp(-2.7\eta\tan\varphi)$$

ANEXO 9: ACTAS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Volver al texto

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE:
Engie
-
PROYECTO/OBRA:
SE.Roncacho, Región de Arica

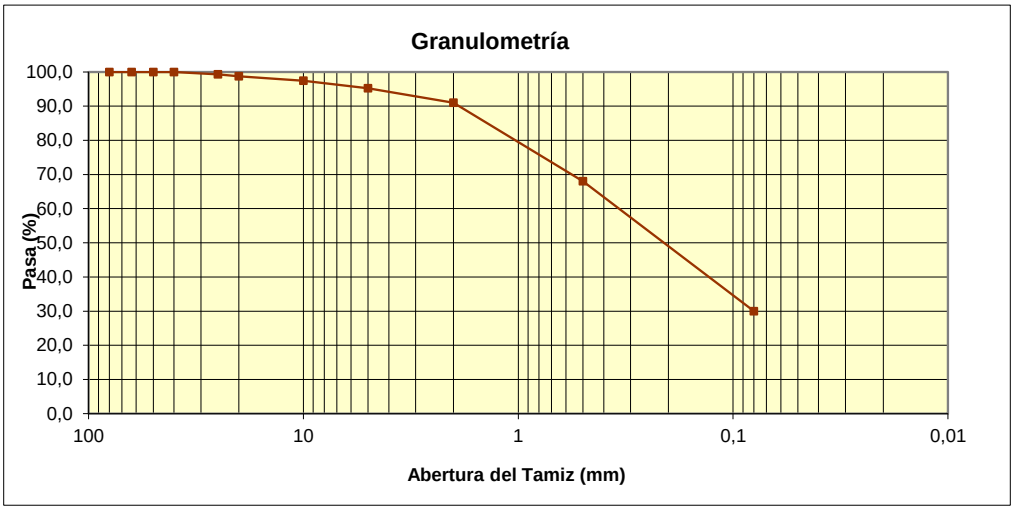
EXPEDIENTE:
333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS
MUESTRA Nº: 1700
INFORME Nº: Lab.GCh-181-20
FECHA INFORME: 26.06.2020

2. DATOS MUESTRA
Descripción:
Procedencia/Referencia: C5A
Datos complementarios: Desde 0,7 hasta 0,9 m.
Tipo de muestreo: Calicatas
Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA
Fecha registro: 05.06.2020
Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	99,3
20	98,7
10	97,4
5	95,2
2	91,0
0,5	68,0
0,08	30,0



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	1,3
	finas	De 4,75 a 19 mm.	3,5
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	4,2
	medias	De 0,425 a 2 mm.	23,0
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	38,0
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	30,0

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,599

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
Gravas y arena limoarcillosas
Clasificación USCS
SM: Arena Limosa

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE:
Engie
-
PROYECTO/OBRA:
SE.Roncacho, Región de Arica

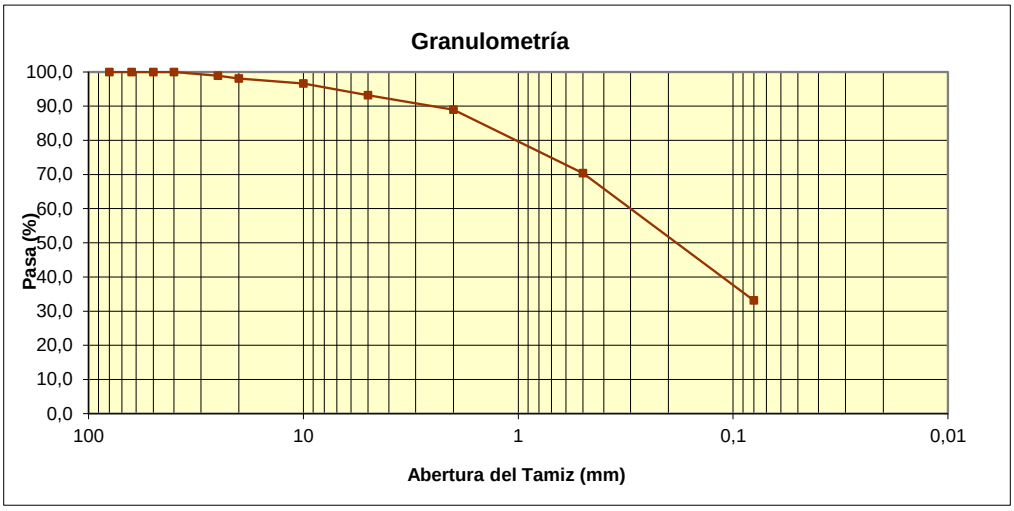
EXPEDIENTE:
333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS
MUESTRA Nº: 1701
INFORME Nº: Lab.GCh-181-20
FECHA INFORME: 26.06.2020

2. DATOS MUESTRA
Descripción:
Procedencia/Referencia: C4A
Datos complementarios: Desde 1,0 hasta 1,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas
Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA
Fecha registro: 05.06.2020
Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	98,9
20	98,1
10	96,6
5	93,2
2	89,0
0,5	70,4
0,08	33,1



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	1,9
	finas	De 4,75 a 19 mm.	4,9
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	4,2
	medias	De 0,425 a 2 mm.	18,6
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	37,3
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	33,1

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,349

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
Gravas y arena limoarcillosas
Clasificación USCS
SM: Arena Limosa

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE:
Engie
-
PROYECTO/OBRA:
SE.Roncacho, Región de Arica

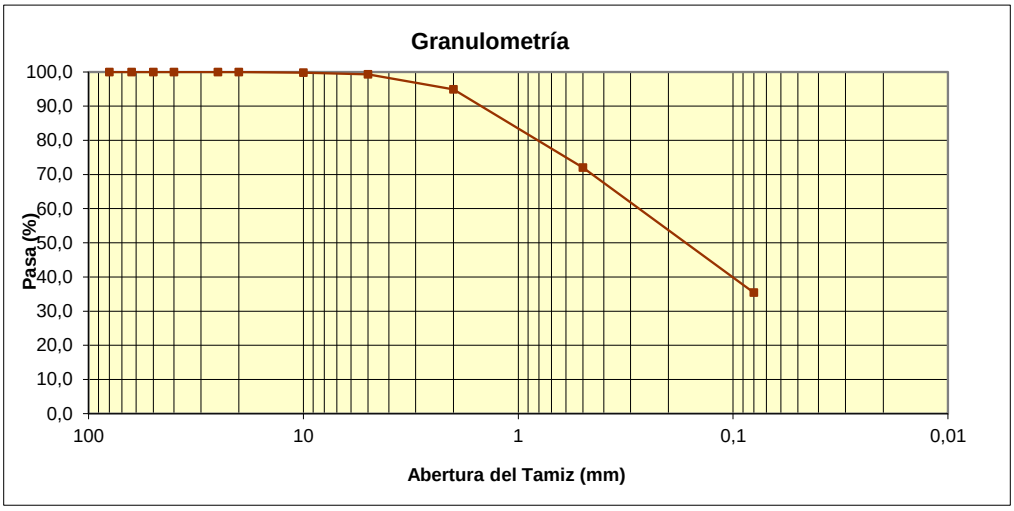
EXPEDIENTE:
333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS
MUESTRA Nº: 1702
INFORME Nº: Lab.GCh-181-20
FECHA INFORME: 26.06.2020

2. DATOS MUESTRA
Descripción:
Procedencia/Referencia: C6
Datos complementarios: Desde 1,2 hasta 1,4 m.
Tipo de muestreo: Calicatas
Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA
Fecha registro: 05.06.2020
Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

GRANULOMETRIA DE SUELOS. MCV8_8.102.1_2017	
Tamiz (mm)	Pasa (%)
80	100,0
63	100,0
50	100,0
40	100,0
25	100,0
20	100,0
10	99,8
5	99,3
2	94,9
0,5	72,0
0,08	35,4



DISTRIBUCIÓN GRANULOMETRICA			
Cantos		De 75 a 300 mm.	0,0
Gravas	gruesas	De 19 a 75 mm.	0,0
	finas	De 4,75 a 19 mm.	0,7
Arenas	gruesas	De 2 a 4,75 mm.	4,4
	medias	De 0,425 a 2 mm.	22,9
	finas	De 0,075 a 0,425 mm.	36,6
Limos y arcillas		Menos de 0,075 mm.	35,4

LIMITES DE ATTERBERG (NCh 1517/1-2.)	
Límite líquido	-
Límite plástico	-
Índice de plasticidad	NP

HUMEDAD POR SECADO EN ESTUFA (NCh1515)	
HUMEDAD %	1,022

Clasificación AASHTO
A-2-4 (0)
Gravas y arena limoarcillosas
Clasificación USCS
SM: Arena Limosa

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE:** **333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1701 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C4A
Datos complementarios: Desde 1,0 hasta 1,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 05.06.2020

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

PROCTOR MODIFICADO Nch 1534/2 Of. 1979		
Método empleado		A
Cont. de humedad óptima	[%]	**8,6**
Densidad seca máxima	[g/cm³]	**1,984**
Material retenido en 20 mm	[%]	-
Reemplazo por Probeta	[%]	-

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (CBR) Nch 1852 Of. 1981				
Probetas por Golpe		56	25	10
Método (A, B, C, D)		D	D	D
Sobrecarga	[Kg]	5.090	5.050	5.015
Muestra sumergida (SI / NO)		SI	SI	SI
Densidades de los moldes (g/cm³)				
Dens. Seca pre inmersión		1,98	1,93	1,86
Dens. Seca post inmersión		1,97	1,92	1,85
Humedades de los moldes (%)				
Hum. Antes de compactar		0,06	0,06	0,06
Hum. Después de compactar		8,18	8,49	8,41
Hum. Sup. (25 mm) Post inmersión		13,32	13,87	13,85
Hum. Prom. Post inmersión		13,28	13,60	13,71
Razón de Soporte (CBR)				
Para 0,1" penetración		17,0	13,3	11,1
Para 0,2" penetración		25,4	21,8	21,1
Para 0,3" penetración		31,7	25,8	22,7
Expansión				
Expansión de los moldes	[%]	0,12	0,22	0,17
CBR a 95% D.M.C.S. (CBR a 0,2")		**21,49**		

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE:** **333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1702 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: C6
Datos complementarios: Desde 1,2 hasta 1,4 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 05.06.2020

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

PROCTOR MODIFICADO Nch 1534/2 Of. 1979		
Método empleado		A
Cont. de humedad óptima	[%]	**9,0**
Densidad seca máxima	[g/cm³]	**1,976**
Material retenido en 20 mm	[%]	-
Reemplazo por Probeta	[%]	-

RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN (CBR) Nch 1852 Of. 1981				
Probetas por Golpe		56	25	10
Método (A, B, C, D)		D	D	D
Sobrecarga	[Kg]	5.090	5.050	5.015
Muestra sumergida (SI / NO)		SI	SI	SI
Densidades de los moldes (g/cm³)				
Dens. Seca pre inmersión		1,97	1,90	1,83
Dens. Seca post inmersión		1,98	1,89	1,81
Humedades de los moldes (%)				
Hum. Antes de compactar		0,22	0,22	0,22
Hum. Después de compactar		9,16	8,98	9,65
Hum. Sup. (25 mm) Post inmersión		13,17	12,54	12,90
Hum. Prom. Post inmersión		12,70	12,36	12,78
Razón de Soporte (CBR)				
Para 0,1" penetración		22,4	18,6	13,8
Para 0,2" penetración		28,9	28,6	24,6
Para 0,3" penetración		34,6	28,7	25,6
Expansión				
Expansión de los moldes	[%]	-0,14	0,14	0,17
CBR a 95% D.M.C.S. (CBR a 0,2")		**26,77**		

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE: 333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1703 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: CDA1-C1
Datos complementarios: Desde 0,7 hasta 0,9 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 05.06.2020

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO CONO DE ARENA (Nch 1516. Of. 79)		
Densidad húmedad	[g/cm³]	1,212
Densidad Seca	[g/cm³]	1,203
Humedad	[%]	0,762

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE: 333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1704 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: CDA2-C4
Datos complementarios: Desde 1,0 hasta 1,2 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 05.06.2020

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO CONO DE ARENA (Nch 1516. Of. 79)		
Densidad húmedad	[g/cm³]	1,363
Densidad Seca	[g/cm³]	1,356
Humedad	[%]	0,480

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE: 333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1705 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	

2. DATOS MUESTRA

Descripción:
Procedencia/Referencia: CDA3-C6
Datos complementarios: Desde 0,8 hasta 1,0 m.
Tipo de muestreo: Calicatas

Método de muestreo: NCh 164 Of.2009
Muestreado por: Diego lozano
Fecha muestreo/recepción: -

3. REGISTRO MUESTRA

Fecha registro: 05.06.2020

Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

ENSAYO CONO DE ARENA (Nch 1516. Of. 79)		
Densidad húmedad	[g/cm³]	1,357
Densidad Seca	[g/cm³]	1,344
Humedad	[%]	0,938

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE: 333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1700 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	
2. DATOS MUESTRA	
Descripción: Procedencia/Referencia: C5A- Datos complementarios: Desde 0,7 hasta 0,9 m. Tipo de muestreo: Perturbada	Método de muestreo: NCh 164 Of.2009 Muestreado por: Diego lozano Fecha muestreo/recepción: -
3. REGISTRO MUESTRA	
Fecha registro: 05.06.2020	Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación del contenido de Cloruros (NCh 1444. Of80)		
Cloruros (Cl)	mg/kg	-
Cloruros (Cl)	%	-

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg/kg	1.580
Sulfatos (SO4)	%	0,158

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	-

Potencial Oxido-Reducción. Redox ASTM D 1498/2000		
Potencial Oxido-Reducción	mV	-

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	-

Determinación Materia Organica. Método Walkley y Black		
Materia Organica	%	-

Determinación de sulfuros oxidables NCh 1444/2010		
Sulfuros		-

Acidez Baumann Gully. UNE EN 16502:2015		
Acidez Baumann Gully	mL NaOH/kg	-

Potencial de Corrosión. Método Fe/Cu-CuSO4		
Potencial de corrosión	Fe/Cu-Cuso4 mv	-

Alcalinidad a pH 7,3. Método Volumetrico		
Alcalinidad a pH 7,3	mg/Kg	-

Alcalinidad total. Método Volumetrico		
Alcalinidad Total	mg/Kg	-

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

GEOTECNIA CHILE
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
Amunategui 890 Of. 1913, Santiago.
www.geotecniachile.cl

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

1. ANTECEDENTES SOLICITANTE: Engie -	**EXPEDIENTE: 333_ENGIE_Arica_SE.Roncacho_MS** MUESTRA Nº: 1702 INFORME Nº: Lab.GCh-181-20 FECHA INFORME: 26.06.2020
PROYECTO/OBRA: SE.Roncacho, Región de Arica	
2. DATOS MUESTRA	
Descripción: Procedencia/Referencia: C6- Datos complementarios: Desde 1,2 hasta 1,4 m. Tipo de muestreo: Perturbada	Método de muestreo: NCh 164 Of.2009 Muestreado por: Diego lozano Fecha muestreo/recepción: -
3. REGISTRO MUESTRA	
Fecha registro: 05.06.2020	Observaciones: -

4. RESULTADOS DE ENSAYOS

Determinación del contenido de Cloruros (NCh 1444. Of80)		
Cloruros (Cl)	mg/kg	-
Cloruros (Cl)	%	-

Determinación cuantitativa del contenido de sulfatos solubles (NCh 1444. Of80)		
Sulfatos (SO4)	mg/kg	1.994
Sulfatos (SO4)	%	0,199

Determinación de sales solubles totales. MCV8. Cap 8.202.14		
Sales Solubles totales	%	-

Potencial Oxido-Reducción. Redox ASTM D 1498/2000		
Potencial Oxido-Reducción	mV	-

Determinación del pH. ASTM D4972/95		
Valor pH a 20 C°	%	-

Determinación Materia Organica. Método Walkley y Black		
Materia Organica	%	-

Determinación de sulfuros oxidables NCh 1444/2010	
Sulfuros	-

Acidez Baumann Gully. UNE EN 16502:2015		
Acidez Baumann Gully	mL NaOH/kg	-

Potencial de Corrosión. Método Fe/Cu-CuSO4		
Potencial de corrosión	Fe/Cu-Cuso4 mv	-

Alcalinidad a pH 7,3. Método Volumetrico		
Alcalinidad a pH 7,3	mg/Kg	-

Alcalinidad total. Método Volumetrico		
Alcalinidad Total	mg/Kg	-

COPIA DE ESTE INFORME
ENVIADA A: Engie

Vº Bº JEFE LABORATORIO:
Josué Acevedo

Vº Bº GERENTE TÉCNICO:
Ricardo Hernández

ANEXO 14: CORRELACIONES UTILIZADAS

Volver al texto

Principles of Geotechnical Engineering 8th Edition, SI BRAJA M. DAS-2014		
Tipo de suelo	**Ángulo de fricción**	
	Min	**Max**
Arena suelta	27	30
Arena media	30	35
Arena densa	35	38
Grava con arena	34	48
Limo	26	35

Principles of Geotechnical Engineering 8th Edition, SI BRAJA M. DAS-2014	
Tipo de suelo	**Peso unitario seco**
	kN/m^3
Arena uniforme suelta	14,5
Arena uniforme densa	18
Arena limosa suelta	16
Arena limosa densa	19
Arcilla dura	17
Arcilla suave	11,5 – 14,5
Arcilla orgánica	6 – 8

Parámetros del suelo Ing. Augusto José Leoni		
Tipo de suelo	Coeficiente de Poisson	
	Min	Max
Arena uniforme suelta	0,1	0,3
Arena uniforme densa	0,3	0,4
Limo	0,2	0,4
Arcilla saturada	0,5	0,5
Arcilla parcialmente saturada	0,2	0,4

USACE Settlement Analysis		
Tipo de suelo	Módulo de deformación kg/cm²	
	Min	Max
Arcilla muy suave	5	50
Arcilla suave	50	200
Arcilla media	200	500
Arcilla dura	500	1000
Arcilla con arena	250	2000
Arena suelta	100	250
Arena densa	250	1000
Arena densa y grava	1000	2000
Arena limosa	250	2000