
INFORME ESTUDIO GEOTÉCNICO
Informe de Mecánica de Suelos N°241836
PROYECTO PARQUE COSTANERA, PUERTO MONTT
CONSTRUCTORA LUIS NAVARRO SPA

Puerto Montt, 27 de ABRIL de 2021

PROYECTO PARQUE COSTANERA, PUERTO MONTT

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	2
	1.1 OBJETIVO Y ALCANCE	2
2	REFERENCIAS	3
3	ANTECEDENTES GENERALES	3
	3.1 BITÁCORA DE LA EXPLORACIÓN	3
	3.2 TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO	4
4	PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA	5
	4.1 CALICATAS	5
	4.2 NIVEL FREÁTICO	6
	4.3 MODELO ESTRATIGRÁFICO	6
5	PROPIEDADES DE DISEÑO	7
	5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO	7
	5.2 CAPACIDAD DE SOPORTE Y CONSTANTE DE BALASTO	8
	5.2.1 Capacidad de soporte	8
	5.2.2 Constante de balasto	8
	5.2.3 Cálculo de asentamientos	9
	5.3 PARÁMETROS DE DISEÑO DE PAVIMENTOS	9
	5.4 EXCAVACIONES	9
	5.4.1 Taludes de excavación	10
6	RECOMENDACIONES DISEÑO DE FUNDACIONES	10
	6.1 SELLO DE EXCAVACIÓN	10
	6.2 PROFUNDIDAD SELLO DE FUNDACIÓN.	10
	6.3 TIPO DE FUNDACIÓN	10
	6.4 TRATAMIENTO DEL SELLO DE FUNDACIÓN	11
	6.5 RELLENOS ESTRUCTURALES	11
	6.5.1 Ejecución	12
	6.5.2 Compactación	12
	6.6 CLASIFICACIÓN SISMICA	12

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene las conclusiones del estudio solicitado por la EMPRESA CONSTRUCTORA LUIS NAVARRO SPA y realizado por HORMITEC INGENIERIA con las características geotécnicas del subsuelo destinado para la ejecución del proyecto "PARQUE COSTANERA", ubicado en la comuna de PUERTO MONTT, en la X región de los lagos. El proyecto contempla la construcción de muro de contención, borde de la costanera, skatepark, bikepark, paraderos de locomoción colectiva, módulos de baños, locales comerciales, casetas de guardias, refugios peatonales y plazas de juegos y de equipamiento deportivo La Figura 1.1, muestra en la ubicación del proyecto.

Figura 1.1: Ubicación general de terreno en estudio



1.1 OBJETIVO Y ALCANCE

El presente informe técnico tiene por finalidad efectuar la caracterización geotécnica del subsuelo para definir y proporcionar las recomendaciones suficientes tanto para el diseño del sistema de fundación como para la preparación del sello de fundación.

Para cumplir lo anterior, el documento aborda el desarrollo de los siguientes objetivos específicos:

- Descripción de la campaña de prospección de sitio
- Caracterización del sector de emplazamiento.
- Estudio y análisis de los antecedentes del programa de prospección y ensayos de laboratorio para la caracterización del suelo de fundación incluyendo: parámetros geotécnicos, capacidad de soporte, clasificación sísmica del suelo, entre otros.
- Recomendaciones para diseño de fundaciones.

2 REFERENCIAS

Para la elaboración del presente informe, se consideraron los siguientes antecedentes:

Normas chilenas y manuales de diseño:

- [1] NCh1508.Of2008, Geotecnia – Estudio de mecánica de suelos

Bibliografía técnica:

- [2] Ortigosa, Pedro. Normativa Sísmica Chilena para Muros de Contención. IDIEM, Universidad de Chile.
- [3] J. Bowles. "Foundation Analysis and Design", McGraw-Hill, 5th Edition, 1996.
- [4] Robert W. Day. "Foundation Engineering Handbook", McGraw-Hill, 2006.
- [5] Braja Das. "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", Cengage Learning Inc, 5a Edición, 2010.
- [6] Mapa Geológico de Chile, Publicación Geológica Digital N°4, Año 2003

3 ANTECEDENTES GENERALES

3.1 BITÁCORA DE LA EXPLORACIÓN

Para caracterizar los materiales de las distintas unidades de suelo se ejecutaron pruebas tanto en campo como en laboratorio las que se indican a continuación:

- El día 19 de MARZO de 2021 se realiza visita a terreno para la exploración de 6 calicatas de 2,50m aproximados de profundidad, distribuidas en el sector de costanera en un tramo de aproximadamente 1600m, extrayéndose 6 muestras del fondo de cada excavación, representativas del sello de fundación recomendado para el proyecto. Más adelante en la tabla 4-2 se muestra el resumen de las calicatas exploradas.
- Durante el mes de ABRIL DE 2021, se realizan los ensayos de laboratorio necesarios para la caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales muestreados.

Finalmente, y como resultado de las exploraciones y los análisis realizados sobre las muestras representativas del terreno, surgió un modelo estratigráfico y las propiedades mecánicas del suelo de fundación.

La figura 3.1 muestra el emplazamiento del terreno explorado en planta.



Figura 3.1: Emplazamiento del terreno en estudio

3.2 TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el propósito de establecer las propiedades geotécnicas de los materiales de fundación del terreno de estudio, se efectúan ensayos de laboratorio sobre muestras representativas extraídas de las calicatas excavadas. Estas muestras fueron sometidas a ensayos de clasificación completa consistentes en:

- análisis granulométricos
- peso específico de los sólidos
- límites de consistencia o de Atterberg
- densidad y humedad natural
- clasificación U.S.C.S.
- proctor y CBR
- corte directo

Se llevan a cabo ensayos de compactación natural y Proctor Modificado, para determinar el grado de compacidad de los materiales in-situ y ensayos CBR para evaluar la calidad relativa del suelo para sub-base y base de pavimentos.

Todos los ensayos son ejecutados de acuerdo con los procedimientos descritos en las normas NCh ó ASTM correspondientes.

4 PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA

La campaña de prospección para éste estudio definió la ejecución de 6 CALICATAS, cuya ubicación se presenta en la Figura 4.1, mientras que la Tabla 4-1 muestra la ubicación de dichas exploraciones.

Figura 4.1: Ubicación de Calicatas.



Tabla 4-1: Ubicación de Calicatas (UTM)

CALICATA	UBICACIÓN (UTM)	
	NORTE	ESTE
1	5.406.670,543	671.928,664
2	5.406.506,833	671.529,981
3	5.406.352,325	671.346,483
4	5.406.183,534	671.182,565
5	5.405.997,189	671.015,454
6	5.405.857,019	670.902,025

4.1 CALICATAS

La ejecución de calicatas se efectuó el día 19 de MARZO de 2021, según la descripción de la Tabla 4-2 cuyos informes de laboratorio se adjuntan en el Anexo de éste informe.

En cada calicata se efectúa una exhaustiva descripción estratigráfica y se procede a la toma de muestras representativas de los estratos detectados al fondo de cada pozo para someterlas a ensayos de laboratorio. Además, en función de la caracterización geotécnica a realizar, se efectuaron ensayos de densidad y humedad in situ, los cuales aparecen reflejados en los informes de estratigrafía de cada calicata.

Tabla 4-2: Información de calicatas.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	INFORME N°
1	2,50	241635
2	2,50	241636
3	2,50	241637
4	2,60	241638
5	2,60	241639
6	2,50	241640

4.2 NIVEL FREÁTICO

A la fecha de éste estudio NO se detecta presencia de napa freática en las calicatas exploradas, hasta la cota excavada.

Respecto del nivel freático, sólo se informa la situación detectada a la fecha de exploración, no pronunciándonos respecto de su variación estacional y a través del tiempo, por no ser alcance del presente estudio.

4.3 MODELO ESTRATIGRÁFICO

Con la información obtenida de las calicatas exploradas, se construye la siguiente caracterización estratigráfica donde se definen **(2) dos unidades** de suelo característico.

En las calicatas exploradas, se pudo apreciar en las calicatas 5 y 6, un horizonte (Unidad U1) compuesto por material orgánico con cobertura vegetal. Este horizonte se considera como material de escarpe para el presente proyecto ya que presenta propiedades geomecánicas inadecuadas para poder definir el nivel de sello de fundación a partir de ésta unidad, por lo tanto, se debe remover y no puede ser utilizado como apoyo de ninguna estructura. La Tabla 4-3 muestra los espesores de éste horizonte en cada calicata.

Tabla 4-3: Espesores Horizonte U-1

	C01	C02	C03	C04	C05	C06
Espesor (m)	--	--	--	--	0,10	0,15
Estratos Involucrados	--	--	--	--	E-1	E-1

A continuación, se encuentra el segundo horizonte (Unidad U2) en el terreno, el cual está compuesto mezclas de estratos granulares, pudiendo observar algunos de arena con algunas gravillas aisladas y estratos de grava en matriz arenosas predominantes en el terreno, en ambos casos se trata de materiales compactos, de humedad media y origen natural. La Tabla 4-4 a continuación muestra los espesores observados en cada calicata.

Tabla 4-4: Espesores Horizonte U-2

	C01	C02	C03	C04	C05	C06
Espesor (m)	2,50	2,50	2,50	2,60	2,50	2,35
Estratos Involucrados	E-1	E-1 E-2	E-1 E-2 E-3	E-1	E-2	E-2

Lo descrito en los párrafos anteriores se resume en el modelo estratigráfico mostrado en la Tabla 4-5 a continuación:

Tabla 4-5: Modelo Estratigráfico

Unidad	Descripción
1	capa vegetal
2	estratos granulares de arena y grava arenosa color gris

5 PROPIEDADES DE DISEÑO

5.1 PARÁMETROS DE DISEÑO

En base a la información obtenida de los ensayos realizados (ver tabla 3-2), los antecedentes bibliográficos y la experiencia del suscrito, se especifican los siguientes parámetros geotécnicos de diseño para la **Unidad U-2** (según tabla 4-5), considerando una profundidad mínima de sello de fundación a partir de los **0,50m medidos desde el N.T.N.**

En el **horizonte Unidad U-2** se identifican estratos de arena y de gravas en matriz arenosa, por lo que, en base a los análisis realizados a cada una de las muestras, se consideran los de manera conservadora siguientes parámetros geotécnicos representativos para la unidad U-2:

Tabla 5-1: Parámetros

Parámetro	Unidad	Horizonte U-2
• Ángulo de fricción (ϕ)	-	38
• Cohesión (c)	kgf/cm ²	0,0
• Humedad (ω)	%	15,5
• Densidad seca (γ_d)	tf/m ³	1,69
• Densidad húmeda (γ_{hum})	tf/m ³	1,95
• D.M.C.S	tf/m ³	1,75
• Gravedad específica de sólidos (G_s)	-	2,68
• Módulo de deformación (E_s)	Mpa	90
• Módulo de poisson (ν)	-	0,30

5.2 CAPACIDAD DE SOPORTE Y CONSTANTE DE BALASTO

5.2.1 Capacidad de soporte

Las tensiones admisibles se determinan con el criterio de la condición más restrictiva entre la capacidad de soporte y el asentamiento máximo.

El cálculo de la capacidad de soporte se estudia considerando lo siguiente:

- Capacidad de soporte última: Modelo de Terzaghi
- Falla por capacidad de soporte: Falla por corte general

En función a lo anterior, las tensiones admisibles son:

- $q_{\text{último}}$ 8,09 Kg/cm^2
- $q_{\text{adm sismico}}$ 4,05 Kg/cm^2
- $q_{\text{adm estático}}$ 2,70 Kg/cm^2

5.2.2 Constante de balasto

El coeficiente de balasto K_s se define como el cociente entre la presión vertical (q) aplicada sobre un determinado punto de una fundación directa y el asiento (s) experimentado por dicho punto,

$$k_s = \frac{q}{s}$$

Así definido tiene unidades de densidad, lo que indica que la hipótesis efectuada equivale a suponer que el terreno es un líquido de densidad k_s , sobre el que "flota" la fundación.

El coeficiente de balasto vertical y horizontal se podrá calcular con la siguiente expresión:

$$K = \frac{E}{B \cdot (1 - \nu^2) \cdot \alpha}$$

donde:

K : coeficiente de balastos

E : Módulo de deformación

B : ancho menor de la fundación

ν : Coeficiente de Poisson

α : Factor de influencia dado por la tabla 5-2

Para el cálculo se deberá utilizar un módulo de deformación E y módulo de poisson ν dados por:

E	=	90	(MPa)	→	Módulo de Elasticidad
ν	=	0,30		→	Módulo de Poisson

5.2.3 Cálculo de asentamientos

Las tensiones máximas deberán ser limitadas también para no superar un asentamiento total de 2cm o para no superar las deformaciones máximas que admiten las estructuras. Para el cálculo se deberá utilizar un módulo de deformación E dado por:

$$s = \frac{q}{K}$$

donde:

s : asentamiento

q : tensión de contacto

K : coeficiente de balastos

Nota: En el caso de cargas cíclicas (sismo), se debe considerar un módulo de deformación igual al doble del valor indicado.

Tabla 5-2: Factor de Influencia.

Forma	Flexible			Rígida
	Centro	Esquina	Promedio	
Circular	1,00	0,64	0,85	0,88
Cuadrada	1,12	0,56	0,95	0,82
Rectangular L/B	1,5	1,36	0,68	1,15
	2	1,53	0,77	1,30
	5	2,10	1,05	1,83
	10	2,54	1,27	2,25
	100	4,01	2,00	3,69

5.3 PARÁMETROS PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS

En los informes de estudio de suelos se entrega los valores del CBR para las muestras de extraídas de los horizontes U-2 definido en las calicatas estudiadas, como también los resultados del ensayo de Proctor Modificado.

5.4 EXCAVACIONES

Las excavaciones se deberán realizar en forma manual o mecanizada, teniendo en cuenta que los últimos 20cm se harán en forma manual con el fin de evitar sobre excavaciones y alteraciones del sello de fundación. Además, se deberán realizar de acuerdo a las dimensiones y emplazamiento indicado en los planos.

5.4.1 Taludes de excavación

En la Tabla 5-3 se indican las recomendaciones tanto para cortes temporales como permanentes en estos tipos de suelos. Estas recomendaciones son válidas para los sitios de emplazamiento analizados en este informe.

Tabla 5-3: Taludes de excavación.

Taludes de Corte (H:V)	
Temporal	Permanente
1,0 : 2,0	1,0 : 1,5

Para la excavación de taludes temporales y definitivos, la altura máxima es de 4m. En caso de ser mayor se deben ejecutar terrazas intermedias de 2m de ancho.

Los valores indicados constituyen recomendaciones generales para los taludes proyectados con alturas inferiores a 4,0m. Cualquier talud que se proyecte con alturas superiores a las consideradas y que pueda afectar la integridad de estructuras adyacentes, deberá ser evaluado por un especialista geotécnico.

6 RECOMENDACIONES DISEÑO DE FUNDACIONES

6.1 SELLO DE FUNDACIÓN Y/O EXCAVACIÓN

Sello de fundación y/o excavación deberá corresponder a suelo natural inalterado (Unidad 2), o a relleno estructural compactado, asegurándose de tener un grado de compactación de 95% respecto de la D.M.C.S. En caso de ser necesario confeccionar rellenos estos deberán hacerse atendiendo las recomendaciones establecidas en el punto 6.5. bajo zapatas aisladas o losas de fundación.

6.2 PROFUNDIDAD SELLO DE FUNDACIÓN Y/O EXCAVACIÓN.

Sobre los antecedentes anteriormente indicados es adecuado definir el sello de fundación y/o excavación a partir del **horizonte U-2**. La **profundidad mínima del sello será entonces de 0,50m** bajo el nivel de terreno natural (ver tabla 4-3 donde se especifican los espesores de escarpe).

6.3 TIPO DE FUNDACIÓN

En función de los antecedentes disponibles de la estructura, a continuación, se entregan recomendaciones de carácter general:

- Pilares y columnas: → zapatas aisladas
- Muros → zapatas corridas

6.4 TRATAMIENTO DEL SELLO DE FUNDACIÓN

El sello de fundación deberá corresponder a suelo natural inalterado (según lo indicado en el punto 6.2), o a relleno estructural compactado según lo indica el párrafo 6.5.2. Una vez alcanzada la profundidad del sello de fundación, se deberá perfilar hasta quedar horizontal, retirando material suelto producto de los trabajos de excavación y materiales inadecuados. Una vez terminado el tratamiento, se procederá a la recepción de los sellos, esta tarea estará a cargo de un profesional competente.

6.5 RELLENOS ESTRUCTURALES

En el caso que la cota de proyecto exija utilizar rellenos estructurales para poder alcanzar la cota de proyecto, esto se hará en base a las siguientes consideraciones:

- Se recomienda colocar un relleno granular compactado al 95% del Proctor Modificado. La estructura se fundará en dicho relleno estructural.
- 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 30cm suelto.
- La fracción del agregado que pase por la malla N°40, deberá tener un Límite líquido inferior al 25%, y un Índice de Plasticidad máximo de un 6%.
- Para los materiales de Relleno Estructural, el valor del CBR a 0,2" de penetración y al 95% de la DMCS dada por el ensaye del Proctor Modificado deberá ser igual o superior al 60%.

Los rellenos que podrán emplearse en caso de ser necesaria su utilización, corresponderá a material granular grueso y limpio, cuya curva granulométrica deberá estar dentro de los siguientes parámetros granulométricos:

Tabla 6-1: Banda Granulométrica Relleno Estructural.

Malla ASTM	% Pasa
3"	100
2"	80 – 100
1"	55 – 100
¾"	40 – 70
N°4	35 – 65
N°10	20 – 50
N°40	10 – 30
N°200	0 – 15

6.5.1 Ejecución

Los rellenos a compactar se deberán colocar en capas cuyo espesor dependerá del espacio, equipo y energía de compactación. Se estima que, como máximo el espesor de capas, de material suelto, será de 30 cm.

Las capas de relleno deben ser continuas, con espesores uniformes y horizontales, evitando desniveles mayores a un espesor de capa entre capas de relleno contiguas.

Antes de extender la siguiente capa, la capa inferior deberá escarificarse para garantizar la homogeneidad y ligazón entre todas las capas del terraplén. Previo a la compactación de las capas, ésta deberá ser nivelada.

6.5.2 Compactación

El relleno granular deberá compactarse hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la densidad máxima compactada seca dada por el ensayo Proctor Modificado o una Densidad Relativa igual o superior al 80%, según corresponda por su contenido de finos.



Jorge Marcos Vera
Ingeniero Civil

