



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

## **Zonificación de Suelos de Fundación en Sector Montemar, Comuna de Concón**

por

**Daniela Carolina Cordero Silva**

Tesis para optar al  
Grado de Licenciado en Ciencias de la Construcción y al Título  
de Ingeniero Constructor

**Profesor Guía: Nelson Valdés Moya**

Marzo, 2015

*Dedicada a Mamá, Papá y Nadia*

## AGRADECIMIENTOS

*Jamás pensé lo difícil que sería redactar estas líneas, se veía tan lejano este momento, y ahora que está pasando es imposible no recordar aquellas noches sin dormir acompañadas de una taza de café cargado, las lágrimas de frustración cuando las cosas no resultaban y todos aquellos buenos y malos momentos vividos a lo largo de toda esta etapa.*

*Son tantas las personas a quienes debo agradecer su apoyo, motivación y compañía a lo largo de todo este tiempo que realmente espero no olvidar a nadie.*

*A cada uno de los funcionarios de la Dirección de Obras Concón, realmente agradezco el aprendizaje adquirido al realizar mi práctica profesional y todo el apoyo entregado con los antecedentes que han servido como base para realizar esta investigación. Menciono de forma especial a Pedro, Fer y Ale, gracias por el cariño, paciencia, apoyo y la confianza entregada.*

*A los docentes tanto del colegio como de la Escuela de Ingeniería en Construcción, aprecio y agradezco sinceramente sus enseñanzas, experiencias y motivación aportadas durante todo el proceso de mi formación profesional. Agradezco de forma especial a mi profesor guía don Nelson Valdés por su paciencia, valiosa ayuda, dedicación, apoyo, consejos, motivación y dirección durante el desarrollo de este trabajo.*

*A la Escuela de Ingeniería en Construcción y a la Universidad de Valparaíso, este camino de formación universitaria no hubiese sido posible sin sus aulas y dependencias. Destaco de forma especial a la mejor secretaria del mundo, Emperatriz Villanueva por su entrega y constante ayuda y apoyo.*

*A todos los amigos y compañeros conocidos durante este proceso, agradezco las risas, las frustraciones, la información compartida, los momentos de estrés y caos, en general todos los momentos que pase junto a ustedes. Los menciono de forma general para no olvidar a ninguno.*

*A mi gran familia, realmente agradezco la preocupación, cariño, apoyo, ayuda, ánimo y motivación brindada durante este tiempo. De ustedes aprendí una gran lección de vida: no importa las dificultades que se presenten, la familia es incondicional. Destaco de forma especial a la Mamita María y la Mami Nury por el cariño, amor y apoyo entregado y de forma más especial a la tía Tere, este trabajo sin duda habría sido completamente distinto sin su ayuda.*

*A mi hermana Nadia (por fin ha llegado tu momento), querida mía eres sin duda un pilar fundamental en mi vida. Compartir parte de esta experiencia contigo ha sido una montaña rusa de emociones que van desde el amor al odio (sobre todo en los finales de semestre) en la que nuestros lazos se hicieron más fuertes, te convertiste en mi mejor amiga, aliada y mi complemento perfecto. Realmente gracias por tu amor, cariño, alegría, motivación, ánimo, apoyo, ayuda, enojos, críticas y risas, aunque tengo que mencionar especialmente que agradezco tus conversaciones sobre lo que habías aprendido en clase mientras tomábamos once. Guardo con mucho cariño cada uno de los momentos que hemos pasado juntas, especialmente esos que denominamos "justos y necesarios".*

*Papá y Mamá, después de una hora tratando de escribir sus líneas me di cuenta que no existe una palabra que realmente exprese el profundo amor y cariño que siento por ustedes ni tampoco un gracias lo suficientemente grande que alcance para agradecer el amor y cariño incondicional que me han entregado a lo largo de mi vida. Ustedes no solo son los cimientos de la escalera de mi vida también son el pasamanos y la baranda de protección, han estado en cada una de las celebraciones de mis triunfos y en cada una de mis caídas ayudándome, motivándome y apoyándome para levantarme y seguir adelante. Nada de esto sería posible sin ustedes en mi vida,*

*me han entregado educación, valores, enseñanzas y realmente cada una de las cosas que he necesitado durante todo este tiempo. Son, sin duda, el mejor ejemplo de que el esfuerzo, sacrificio, perseverancia, paciencia, entrega y amor siempre tienen sus frutos. Soy lo que soy gracias a ustedes, muchas gracias por dejarme soñar, anhelar y entregarme las herramientas que permitieron el crecimiento de las alas que me llevan a conocer nuevos caminos y emprender nuevos proyectos.*

*A todos los mencionados y los que probablemente olvidé muchísimas gracias, les deseo éxito en sus proyectos y guardo en mis recuerdos todos los granitos de arena con los que han colaborado. Esta tesis no sería posible sin ustedes.*

# ÍNDICE

<b>GLOSARIO .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>1.- Introducción .....</b>	<b>12</b>
<b>2.- Antecedentes generales.....</b>	<b>13</b>
2.1.- Planteamiento del problema .....	13
2.2.- Objetivos .....	15
2.3.- Alcance.....	15
2.4.- Metodología de la investigación.....	16
<b>3.- Antecedentes.....</b>	<b>19</b>
3.1.- Antecedentes generales .....	19
3.2.- Antecedentes geomorfológicos.....	19
3.3.- Antecedentes geológicos.....	20
3.4.- Antecedentes geotécnicos .....	21
3.5.- Clasificación suelos de fundación.....	23
3.6.- Software Arcview 3.2 .....	26
<b>4.- Clasificación y ordenamiento de la información de mecánica de suelos.....</b>	<b>30</b>
4.1.- Recopilación de la información .....	30
4.2.- Clasificación de la información.....	30
<b>5.- Análisis de la información .....</b>	<b>60</b>
5.1.- Método para el análisis .....	60
5.2.- Horizontes definidos.....	72
5.3.- Tipos de suelos y sus espesores .....	78

<b>6.- Zonificación de suelos de fundación .....</b>	<b>90</b>
6.1.- Zonificación por composición estratigráfica .....	90
6.2.- Zonificación por compacidad .....	92
6.3.- Suelos de fundación según Decreto Supremo N°61 que aprueba el reglamento que fija el diseño sísmico de edificios (NCh 433 of 1996 mod 2009).....	94
<b>7. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>99</b>
7.1.- Generalidades .....	99
7.2.- Conclusiones.....	100
7.3.- Recomendaciones .....	101
<b>8.- Bibliografía .....</b>	<b>102</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>

## GLOSARIO

Calicata: Excavación realizada por medio manuales o mecánicos para la exploración del subsuelo.

Densificación: Forma cuantitativa de medir la compacidad que presenta el suelo

Estratigrafía: Estudio de la superposición de las capas o estratos de rocas tanto vertical como horizontal para interpretar la historia geológica.

Geomorfología: Rama de la geografía física encargada del estudio de las formas de la superficie terrestre, enfocado a la descripción y entendimiento de su génesis y comportamiento.

Geotecnia: Rama de la Ingeniería civil que estudia el comportamiento mecánico de la zona superficial de la corteza terrestre bajo la acción de esfuerzos y/o la acción del agua.

Informe de ensayos: Documento que contiene los resultados de los ensayos y mediciones de terreno y/o laboratorio sobre muestras de suelos y/o rocas, conforme a las normas pertinentes.

Mecánica de suelos: Parte de la geotecnia que estudia el comportamiento mecánico de un depósito de suelo bajo la acción de esfuerzos y/o la acción del agua.

Meteorización: Descomposición de minerales y rocas que ocurre sobre o cerca de la superficie terrestre cuando estos materiales entran en contacto con la atmósfera, hidrosfera y biosfera.

Subsuelo: Suelo y/o roca por debajo de la superficie de terreno.

Suelo: Acumulación de partículas sólidas, aire y agua, productos de la desintegración física y/o química de las rocas, que puede o no contener materia orgánica u otros minerales tales como sales solubles.

Suelos residuales: Acumulación de productos de la meteorización de las rocas en el sitio en que se van formando.

## LISTA DE ABREVIATURAS

AASHTO= Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte

ASTM = American Society for Testing and Materials

CPT = Prueba de Penetración por Cono

D.S = Decreto Supremo

GORE= Gobierno Regional

Ha = Hectáreas

IP = Índice de Plasticidad

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

m = Metros

MINVU = Ministerio de Vivienda y Urbanismo

Mod = Modificado

N° = Número

NCh = Norma Chilena

RES. = Resolución

SPT = Prueba de Penetración Estándar

USCS = Sistema Unificado de Clasificación del Suelo

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Plano comuna de Concón con límites entre la zona urbana, zona rural y zona de extensión urbana..	14
Figura 2.2 - Plano comuna de Concón con límites entre la zona urbana, zona rural, zona de extensión urbana y sector elegido para realizar el estudio..	14
Figura 2.3 - Área de estudio..	16
Figura 2.4 - Mapa conceptual de la metodología de la investigación..	18
Figura 3.1 – Línea de tiempo formación geológica del suelo de Concón..	21
Figura 3.2 – Tablas para clasificación de suelos según sistema USCS..	27
Figura 3.3 - Tabla para clasificación de suelos según sistema AASHTO. ....	27
Figura 3.4 - Clasificación suelos de fundación según NCh 433 Of96.....	28
Figura 3.5 - Clasificación de suelos de acuerdo a propiedades geotécnicas del suelo. ....	29
Figura 4.1 - Ubicación de subsectores en el área de estudio.....	31
Figura 5.1 – Área de estudio generada ingresando datos a software Arcview 3.2 .....	60
Figura 5.2 - Curvas de nivel sector Montemar .....	61
Figura 5.3 - Ubicación pozos de exploración. ....	62
Figura 5.4 - Superficie de análisis de suelo formada con los puntos que representan calicatas y sondajes SPT. ....	62
Figura 5.5 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP en sistema USCS..	63
Figura 5.6 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP-SM en sistema USCS. ....	63
Figura 5.7 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM en sistema USCS. ....	64
Figura 5.8 - Superficie de análisis de suelo clasificado SC en sistema USCS.....	64
Figura 5.9 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM-SC en sistema USCS.....	65
Figura 5.10 - Superficie de análisis de clasificada SW, CL Y GM-GC.....	65
Figura 5.11 - Superficie de análisis de suelo clasificado como roca. ....	66
Figura 5.12 - Superficie de análisis de suelo clasificado como relleno.....	67
Figura 5.13 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas.....	67
Figura 5.14 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP-SM en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas.....	68
Figura 5.15 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas.....	68
Figura 5.16 - Simbología gráfica para la representación de suelos.....	69
Figura 5.17 - Trazado de perfiles en área de estudio. ....	69

Figura 5.18 – Tabla de densidad relativa de arenas de acuerdo con los resultados de los ensayos normales de penetración.....	70
Figura 5.19 – Superficie de arena muy suelta en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla.....	73
Figura 5.20 – Superficie de arena suelta en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla.....	74
Figura 5.21 – Superficie de arena medianamente densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla .....	75
Figura 5.22 – Superficie de arena densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla.....	76
Figura 5.23 – Superficie de arena muy densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla.....	77
Figura 5.24 – Superficie estrato E-1 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	83
Figura 5.25 – Superficie estrato E-2 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	84
Figura 5.26 – Superficie estrato E-3 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	85
Figura 5.27 – Superficie estrato E-4 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	86
Figura 5.28 – Superficie estrato E-5 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	87
Figura 5.29 – Superficie estrato E-6 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	88
Figura 5.30 – Superficie estrato E-7 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo.....	89
Figura 6.1 – Zonificación por composición estratigráfica en sector Montemar.....	95
Figura 6.2 - Zonificación por composición estratigráfica en sector Montemar con subsectores. ....	96
Figura 6.3 – Zonificación por compacidad en sector Montemar. ....	97
Figura 6.4 – Zonificación de suelo de fundación según Decreto Supremo N°61. ....	98

## LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1 - Ubicación de cada subsector y tipo de exploración realizada.....	32
Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. ....	34
Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. ....	48
Tabla 4.4 – Clasificación suelos de fundación según NCh 433.....	58

## RESUMEN

En un anteproyecto de construcción las características que presenta el suelo determinan la factibilidad técnica y económica de ejecutarlo. Para conocer las propiedades y características de un suelo en específico se realiza un estudio geotécnico cuyos resultados son presentados posteriormente en un Informe de Mecánicas de Suelos.

En la actualidad, debido al acelerado crecimiento urbano, es posible contar con una amplia cantidad de informes de suelos que se pueden recolectar para conocer como está formado en cierta área. Una forma de clasificar y representar las características que presenta el subsuelo es realizando una zonificación de suelos de fundación.

Se ha detectado que el sector Montemar en la comuna de Concón no presenta un estudio de zonificación del suelo de fundación, por lo tanto el objetivo de esta investigación es elaborar una. Para esto se ha recopilado desde la Dirección de Obras de Concón 81 informes de mecánicas de suelos realizados en la zona a estudiar. Esta información se ha organizado de acuerdo a tres tipos de clasificaciones de suelo: USCS, AASHTO y NCH 433. Para realizar la Zonificación se utiliza los resultados de la clasificación USCS y se ingresan al software Arcview Gis 3.2 generando modelos geográficos (planos de planta, perfiles longitudinales y transversales de estratigrafía y densificación) para el análisis de características, propiedades y tipo de suelo.

Se determina que el suelo del sector Montemar está compuesto por arenas de tipo SP y SP-SM con y sin presencia de raíces y raicillas, SM, SC, SM-SC, roca y rellenos. Con ellos es posible obtener 22 zonas con diferentes combinaciones de estratigrafía. Además se ha realizado una zonificación por compacidad del suelo, determinando 5 zonas con distintas combinaciones del grado de compacidad (arena muy suelta, suelta, medianamente densa, densa y muy densa) y una zonificación del suelo de fundación según el Decreto Supremo N° 61 (última modificación de la Nch 433).

Los antecedentes de estas zonificaciones permiten afirmar que el suelo del sector Montemar en la comuna de Concón está compuesto por arenas finas con contenidos de limos y arcillas que presentan una compacidad que aumenta con la profundidad y descansan sobre roca de tipo gneis sano y/o fracturado, siendo clasificable de acuerdo al aspecto sísmico (D.S N° 61) como un suelo de fundación principalmente de tipo C.

# 1.- Introducción

*“Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil, edificios, puentes, carreteras, túneles, muros, torres, canales o presas, deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella” [Lambe05].* Esta situación genera una interacción suelo - estructura, en la que la estructura transmite sus cargas al suelo y el suelo responde oponiendo una resistencia a estas cargas.

Cuando las cargas de la estructura son mayores a la capacidad resistente del suelo comienzan a producirse asentamientos en la estructura. Si estos asentamientos se producen de forma desigual provocan deformaciones en la estructura que ocasionan grietas que pueden ser perjudiciales para su estabilidad y en el peor de los casos causar el colapso total de ella, por lo tanto la estabilidad y buen comportamiento de la estructura depende de las características y propiedades del suelo en que se ha fundado.

Ningún suelo es igual a otro incluso en pequeñas distancias es posible encontrar suelos que presentan distintas propiedades y características por lo que conocerlas es fundamental al generar un anteproyecto de construcción ya que determinan las condiciones de diseño de las estructuras de la obra a construir y, por ende la factibilidad técnica y económica de la ejecución del proyecto.

Para conocer las propiedades y características del suelo se realiza un estudio geotécnico con investigaciones en terreno y/o laboratorio, ejecutando calicatas o pozos, zanjas y/o sondajes a una profundidad que depende del tipo de obra que se quiere construir [Terzaghi63]. Al finalizar el estudio del suelo la norma chilena NCh 1508 of 2008 indica que los datos obtenidos se organizan y resumen en un Informe de Mecánica de Suelos en el que se entrega la descripción geotécnica del suelo, parámetros para el diseño de fundaciones, solución de fundación posible y recomendaciones para su construcción.

El gran crecimiento urbano ha permitido que actualmente se cuente con una gran cantidad de estudios de suelos realizados previos a la construcción de algunas obras y que es posible recopilar para conocer de manera más certera como está formado el subsuelo.

Una forma de clasificar y representar las características que presenta el subsuelo es realizando una zonificación. Zonificar consiste en agrupar información de acuerdo a ciertos criterios en áreas homogéneas, esta información se aprecia en planos o mapas en los que se identifican zonas o sectores que especifican cada característica con una simbología diferente.

En el presente estudio se ha recopilado la información disponible de informes de mecánicas de suelos realizados en el sector Montemar en la comuna de Concón para realizar una zonificación del suelo de fundación mediante el uso de herramientas computacionales, en los que se visualiza de manera digital la información que pretende servir como antecedentes en el estudio de proyectos y obras de construcción futuros.

En general se conoce que el suelo de la zona urbana de Concón está compuesto por arenas finas llamadas dunas, las que pueden encontrarse estabilizadas (por acción de la vegetación o la urbanización) o activas (cuyas partículas siguen transportándose por la acción del viento), que descansan sobre un basamento rocoso llamado batolito costero [Castro y Brignardello97].

## 2.- Antecedentes generales

### 2.1.- Planteamiento del problema

Al momento de generar un anteproyecto de construcción, la proyección y el diseño estructural están determinados principalmente por las características del suelo. El suelo es un material no uniforme y que puede presentar distintas propiedades incluso en sectores próximos.

Cuando el suelo de un sector es estudiado permite conocer con mayores detalles su composición por ende cada estudio realizado permite aumentar el nivel de confianza sobre las propiedades y características que presenta en una zona en particular.

En la actualidad con la gran cantidad de proyectos ejecutados y próximos a ejecutar se puede contar con varios estudios de suelos realizados. La recopilación y análisis de estos estudios permitiría conocer y entender con mayor precisión las características que posee y cómo influyen en la elaboración de un proyecto.

Por lo antes mencionado es que se realiza este estudio en el que se pretende elaborar una zonificación del suelo de fundación con las características y propiedades que este posee, realizando un estudio profundo sobre el tipo de suelo, espesor de los estratos, profundidad a la que se encuentra el estrato y presencia de napas subterráneas para entregar antecedentes generales sobre las posibles cotas de fundación y soluciones de fundación.

En la comuna de Concón no se ha realizado un estudio que presente las características antes mencionadas, aunque se conoce que el suelo está conformado principalmente por duna, por lo que se ha determinado esta como zona de estudio.

De acuerdo a la información entregada en la memoria explicativa del Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso [2013], Concón es una comuna que presenta una superficie total de 7.600 hectáreas, de las cuales 827,0 corresponden a la zona urbana (10,9% del total comunal), 2659,9 corresponden a la zona rural (35,0% del total comunal) y 4113,1 están destinadas a áreas de extensión urbana (54,1% del total comunal), cuya distribución se muestra en la figura 2.1.

Por la finalidad que presenta este estudio, se hará enfoque solo en la zona urbana (827 Ha), debido a que presenta el mayor desarrollo en cuanto a la ejecución de proyectos de construcción, aunque se ha determinado disminuir el área a estudiar a solo una parte de la zona urbana de la comuna, considerando para estos fines 387 hectáreas (46,7% del la zona urbana) las que corresponden al sector denominado Montemar tal como se muestra en la figura 2.2 pues es el que actualmente presenta mayor desarrollo inmobiliario.

En el último tiempo, el sector Montemar ha presentado un rápido crecimiento tanto inmobiliario como urbano y aún cuenta con terrenos disponibles para construcción, por lo que se prevé que este crecimiento siga. Esto lo convierte en el sector con mayores beneficios en la realización de este estudio, considerando además que aledaño a él se encuentra la zona de extensión urbana por lo que los resultados sobre el tipo de suelo podrían en un futuro ser utilizados como referencia en la elaboración de futuros proyectos en esa zona.

A pesar de que para conocer como está compuesto realmente el subsuelo sería necesario realizar calicatas en toda la superficie a estudiar, este estudio puede presentar una simulación cercana a la realidad sobre la composición de suelo que puede ser utilizado como antecedente para futuros estudios en el sector, siendo necesario aclarar que este estudio no reemplaza la ejecución de estudios

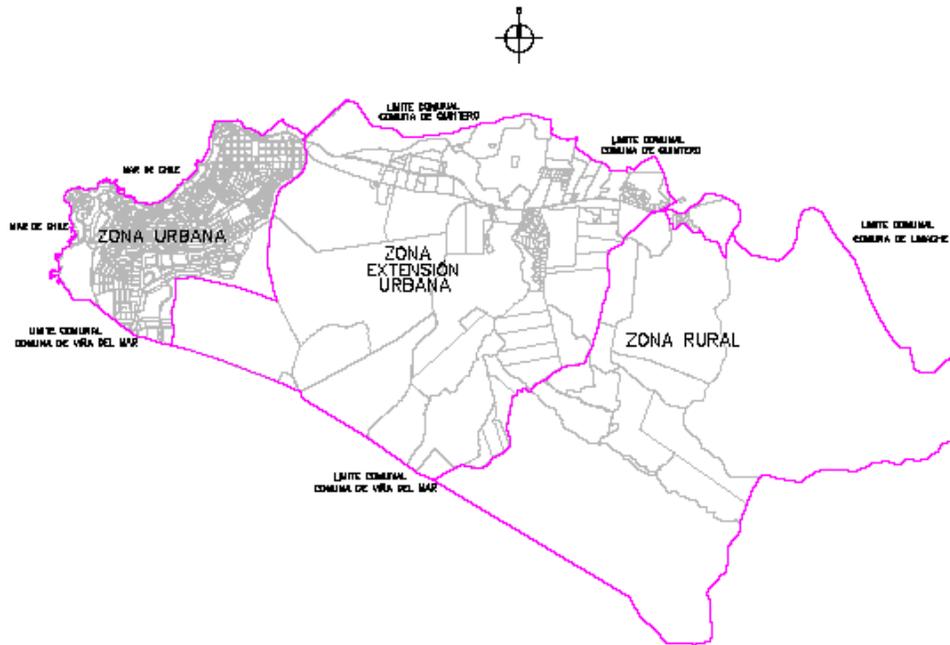


Figura 2.1 - Plano comuna de Concón con límites entre la zona urbana, zona rural y zona de extensión urbana. Fuente: Elaboración propia en base a plano de la comuna.

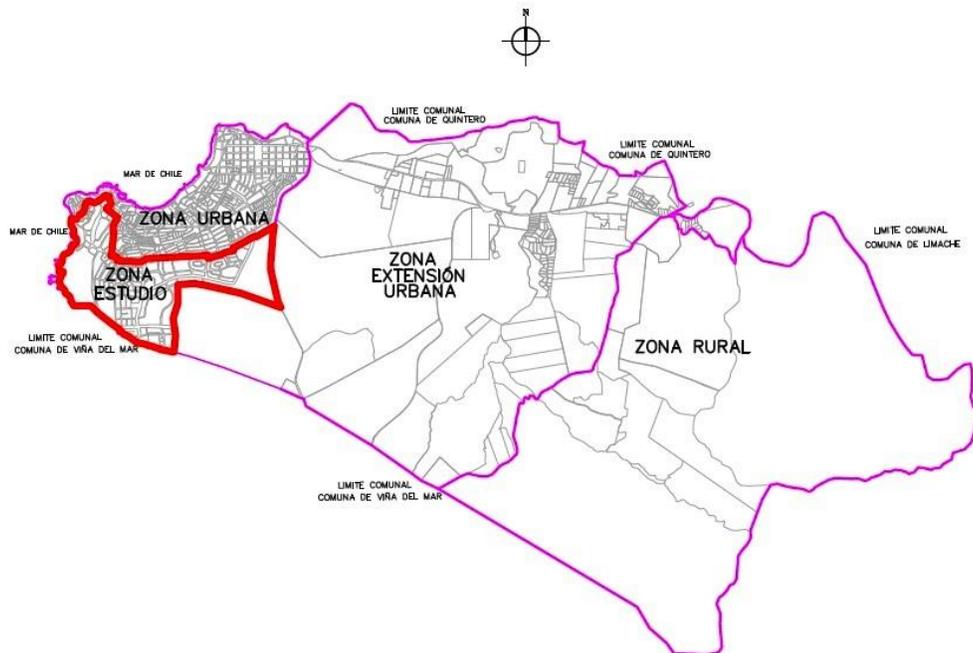


Figura 2.2 - Plano comuna de Concón con límites entre la zona urbana, zona rural, zona de extensión urbana y sector elegido para realizar el estudio. Fuente: Elaboración propia en base a plano de la comuna.

de mecánicas de suelos pues como se menciona antes las propiedades del suelo pueden cambiar incluso en sectores próximos.

## **2.2.- Objetivos**

### **2.2.1.- Objetivo principal**

Elaborar una zonificación de suelos de fundación en el sector Montemar, comuna de Concón.

### **2.2.2.- Objetivos secundarios**

- Recolectar informes de mecánicas de suelos realizados en el sector de estudio.
- Categorizar la información obtenida de los suelos de fundación.
- Generar modelos geográficos para interpretar la estratigrafía existente en el sector de estudio.

## **2.3.- Alcance**

Para realizar esta investigación sobre el tipo de suelo y sus propiedades se recurre a estudios de mecánicas de suelos realizados anteriormente en el sector Montemar.

El sector Montemar, está ubicado dentro del área urbana de la comuna de Concón perteneciente a la región de Valparaíso en Chile. Está compuesto por los subsectores Costa de Montemar, Mirador de Montemar, Bosques de Montemar, Pinares de Montemar y Lomas de Montemar, cuyos límites se muestran en la figura 2.3 con las líneas de color verde.

Se ha considerado como límites, hacia el norte las calles Los abedules, Los Cedros y Las Pimpinelas, al oeste la Avenida Cornisa hasta el límite del acantilado en el campo dunar y al sur y al este el límite urbano de la comuna. Este límite se muestra en el polígono rojo de la figura 2.3.

Se menciona además que dentro del subsector Costa de Montemar se encuentra el campo dunar declarado Santuario de la Naturaleza, por lo que en esa área no es posible realizar construcciones, por lo tanto no se puede obtener información específica de las propiedades del suelo en dicha área. El área protegida se observa en la figura 2.3 como un polígono de color amarillo.

En adelante para efectos prácticos solo se utiliza el área del polígono rojo de la figura 2.3 para representar el sector en estudio.

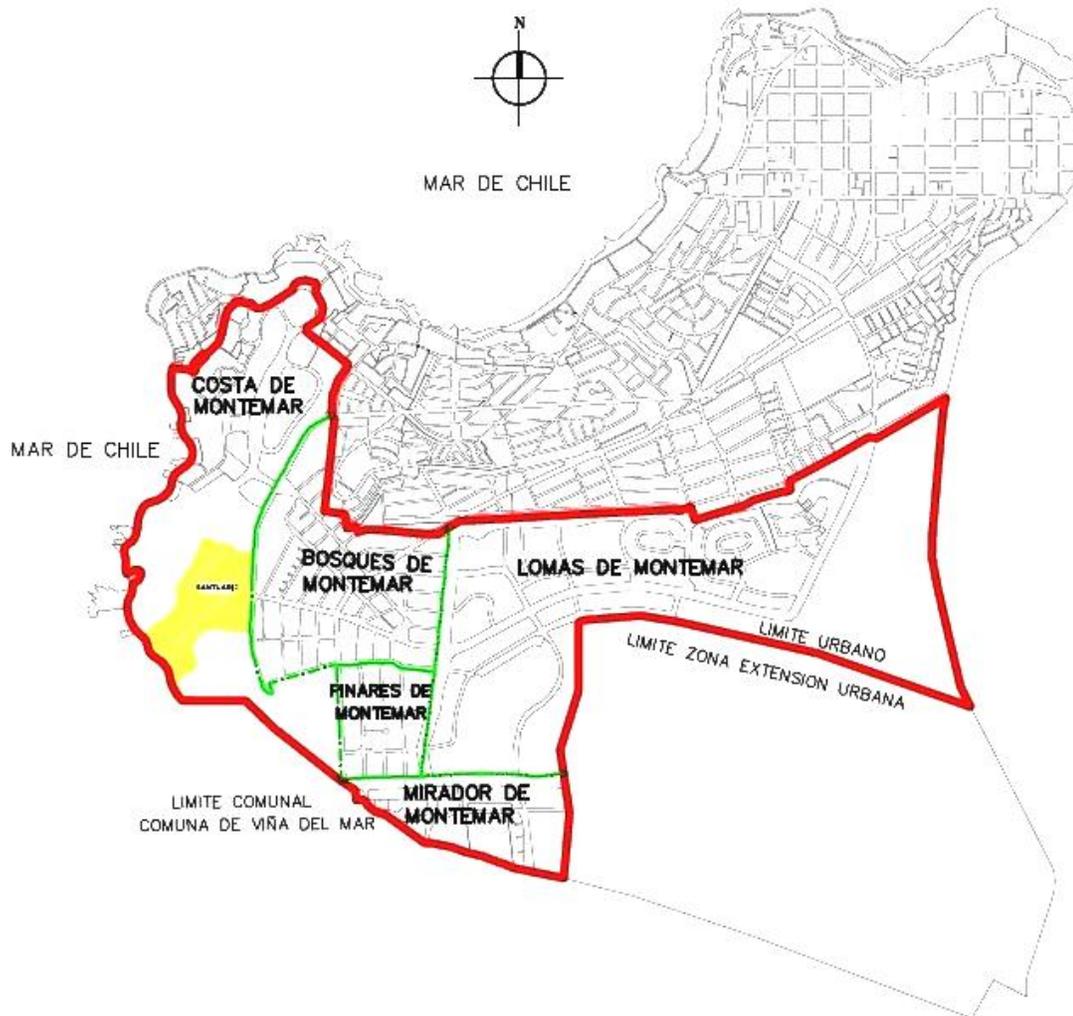


Figura 2.3 - Área de estudio. Está definida por el polígono de color rojo y se han delimitado los subsectores que lo componen con línea verde. Corresponde aproximadamente a 387 ha. Fuente: Elaboración propia en base a plano de la comuna de Concón.

## 2.4.- Metodología de la investigación

Con el objetivo de realizar una zonificación del suelo de fundación en el sector Montemar, comuna de Concón, se debe inicialmente recopilar información sobre el suelo de fundación del sector en estudio, para ello se revisa bibliografía referente a aspectos geológicos y geomorfológicos del sector, antecedentes históricos, geotécnicos (como tipos de ensayos que se realizan, propiedades del suelo) y normativa vigente. La revisión bibliográfica permitirá sentar las bases sobre qué tipos de suelos deberíamos encontrar en el sector Montemar y si estos son adecuados para fundar alguna obra de ingeniería.

Realizada esta etapa, se recopila informes de mecánicas de suelos que se han realizado en el sector anteriormente para la ejecución de proyectos. Para esto se considera recurrir a oficinas particulares, laboratorios de mecánicas de suelos e instituciones como la Dirección de Obras de la Ilustre Municipalidad de Concón.

La información obtenida de los informes antes recopilados se organiza en tablas en las que se unifica características de ubicación, modelo estratigráfico definido en el informe de mecánica de suelos de cada sector, propiedades (granulometría, límites de Atterberg, clasificación USCS y clasificación AASHTO) obtenidas del suelo en que se realizó el informe y clasificación del suelo según norma chilena NCh 433 "Diseño sísmico de edificios; todos estos datos nos permiten categorizar el suelo de fundación.

Los datos agrupados en las tablas antes mencionadas se ingresan al software ARCVIEW GIS 3.2 para generar modelos geográficos de análisis (planos o mapas) que vinculan los datos espaciales con los datos atributivos, utilizando para el posterior análisis de suelos los datos correspondientes a la clasificación USCS debido al objetivo final que persigue este estudio. Con este software se modela planos en 2D y en 3D con los que se representa la zonificación de la situación estratigráfica del sector.

Todos los antecedentes e información entregados por el software se analizan para obtener las conclusiones sobre el tipo de suelo, la profundidad de los estratos y las diversas propiedades físicas y mecánicas que lo validen como un apropiado suelo de fundación.

Para mejor comprensión de esta metodología, se presenta en la figura 2.4 un mapa conceptual en donde se resume los principales pasos a seguir para desarrollar esta investigación.

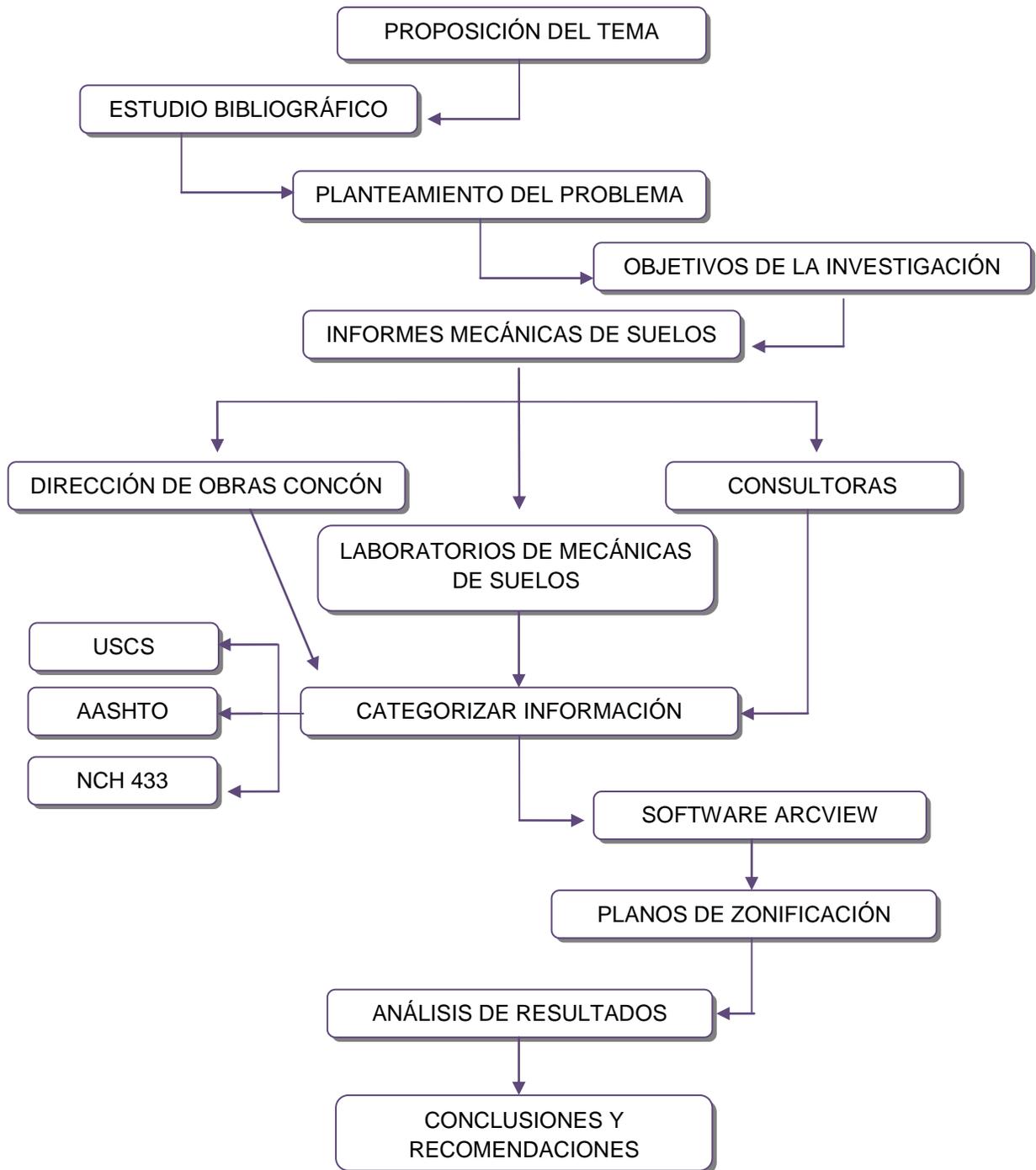


Figura 2.4 - Mapa conceptual de la metodología de la investigación. Fuente: Elaboración propia.

## **3.- Antecedentes**

### **3.1.- Antecedentes generales**

Concón es una comuna perteneciente a la Región de Valparaíso, fue descubierto el año 1536 y declarada el 28 de Diciembre de 1995 como comuna. Cuenta con una superficie total de 7600 ha repartidas entre el sector urbano, sector rural y un sector destinado a la extensión urbana.

La planificación urbana se regula mediante el Plan Regulador Comunal de 1980 de Viña del Mar que además cuenta con distintos seccionales de modificaciones realizadas. Entre las modificaciones destacan el D.S 107/08 MINVU del 27 de Junio de 1988 Modificación Bosques de Montemar, RES. 31-4/053/96 GORE del 30 de Agosto de 1996 Modificación Pinares de Montemar, RES. 31-4/049/01 GORE del 23 de Abril de 2001 Modificación Lomas de Montemar y Decreto Alcaldicio N° 2221/2006 del 12 de Septiembre de 2006 Modificación Borde Costero.

El sector Montemar, ubicado en el sector urbano de la comuna, ha presentado un importante desarrollo de proyectos inmobiliarios en el último tiempo, entre los que destacan edificaciones en altura y condominios con viviendas unifamiliares. Actualmente, Lomas de Montemar es el sector que presenta mayor atractivo para la inversión inmobiliaria pues cuenta con terrenos disponibles para construir.

Cabe mencionar también, que dentro del sector Montemar se encuentra el Campo Dunar de la Punta de Concón, el cual fue declarado Santuario de la Naturaleza mediante el Decreto Supremo N° 481 de fecha 05 de Agosto del 1993 del Ministerio de Educación, por lo que es un sitio en el cual no se puede realizar trabajos de construcción ni excavación sin una previa autorización.

Su declaración como santuario de la naturaleza ha generado una serie de conflictos por la superficie que se considera protegida debido a la alta demanda de suelos para la construcción de nuevos proyectos inmobiliarios.

Inicialmente la superficie protegida correspondía a casi 45 hectáreas de Campo Dunar, pero el 09 de Marzo de 1994 mediante el Decreto Exento N° 106 se modifica al anterior Decreto y se protege solamente una superficie de 12 hectáreas debido a que parte de las 45 hectáreas iniciales tenían dueño y se había entregado un permiso para construir en ellas. Para el año 2005 y por acuerdo firmado por la propietaria de los terrenos se aumenta la superficie protegida a 21,8 hectáreas mediante el Decreto Supremo N° 2131. Nuevamente el año 2012 se consigue la ampliación a 30 hectáreas protegidas, situación definida en el Decreto Supremo N° 45 del 26 de Diciembre de 2012.

### **3.2.- Antecedentes geomorfológicos**

Concón se ubica en la planicie costera extendida en sentido oeste-este desde el límite del mar hasta la cordillera de la Costa, esta se caracteriza por ser una zona topográfica irregular, formada por la acción de las placas tectónicas, la acción marina y la acción del aire.

Castro y Brignardello [1997] han definido 6 unidades geomorfológicas en un estudio realizado en la franja costera comprendida entre Concón y Quintay, estas son: unidad montañosa, unidad de planicies litorales, unidad fluvial, unidad dunaria, unidad de borde costero y unidad de plataforma continental. De las mencionadas se especifica sobre la unidad de planicies litorales y la unidad

dunaria, pues se consideran las más representativas en la conformación topográfica del sector Montemar.

- **UNIDAD DE PLANICIES LITORALES:** Son superficies que se presentan en forma de terrazas con escalones de anchuras que varían de un lugar a otro. Estas terrazas se han formado debido a procesos de erosión marina.

Desde su contacto con la cordillera de la costa es posible distinguir tres niveles principales de terrazas marinas separadas por acantilados fósiles de abrupta pendiente, la terraza más alta ubicada entre los 320 y 360 m de altitud, la terraza intermedia entre 230 y 280 m de altitud y la más baja entre los 20 y 90 m de altitud. [Castro y Brignardello97]

- **UNIDAD DUNARIA:** Corresponde a dunas fósiles semiestabilizadas que presentan una topografía acolinada. Sobre ellas se desarrollan dunas en forma de ola que permanecen colgadas sobre un acantilado semiestabilizado desprovistas de una playa de alimentación, por lo que poseen gran fragilidad. Estas dunas están compuestas por sedimentos finos que derivaron de las rocas graníticas del batolito costero.

Es posible identificar tres tipos de dunas: estabilizadas, semiestabilizadas y activas. Las dunas estabilizadas son aquellas que por el crecimiento de vegetación y urbanización sobre ellas no sufren la acción del viento, al contrario de las dunas activas que al estar libres de vegetación se modelan constantemente por la acción del viento y las semiestabilizadas que contienen una mezcla de las dos anteriores [Castro y Brignardello97].

En general el clima es uno de los factores que incide en la geomorfología de un lugar, en el caso de la duna favorece su modelamiento y por ende cambio en la topografía. En Concón predomina un clima semiárido caracterizado por tener un periodo de lluvias intensas corto (los 4 meses de invierno) y largo periodo de sequía. En cuanto a la dirección del viento, durante el verano tiene dirección predominante SW (suroeste) y durante el invierno la dirección cambia a SE-E [Baranzini11], lo que permite el transporte eficaz de las arenas.

### **3.3.- Antecedentes geológicos**

En el suelo de Concón afloran unidades de rocas y depósitos no consolidados que se formaron desde el paleozoico hasta el holoceno [Castro y Brignardello97].

El afloramiento rocoso del sector está constituido por el basamento cristalino del batolito costero cuya formación comenzó en el paleozoico. Desde la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa y en partes de las planicies litorales el batolito se caracteriza por la presencia de granito de biotita de grano grueso. Más hacia la costa se encuentra una zona de transición litológica compuesta por rocas metamórficas del tipo gneis [Castro y Brignardello97]. Esta unidad geológica se conoce como unidad Cochoa.

Sobre este basamento rocoso se encuentra la unidad geológica llamada formación marina Horcón del plioceno, compuesta por sedimentos marinos del tipo areniscas y limolitas parcialmente cementadas con intercalaciones de grava y rodados, que aflora en el sector en forma de acantilados costeros [Castro y Brignardello97].

Finalmente sobre la formación Horcón se depositan sedimentos eólicos formados entre el pleistoceno y el holoceno. Aquí es posible distinguir dos tipos de depósitos: el antiguo y el activo.

- Depósito eólico antiguo: Se caracteriza por la presencia de arenas de color pardo que forman dunas fósiles estabilizadas y con tendencia a la reactivación.
- Depósito eólico activo: Se caracteriza por la presencia de arenas finas de color amarillo, también llamadas dunas activas.

La línea de tiempo de la formación geológica se muestra en la figura 3.1 iniciando esta hace aproximadamente 5.420.000 millones de años.

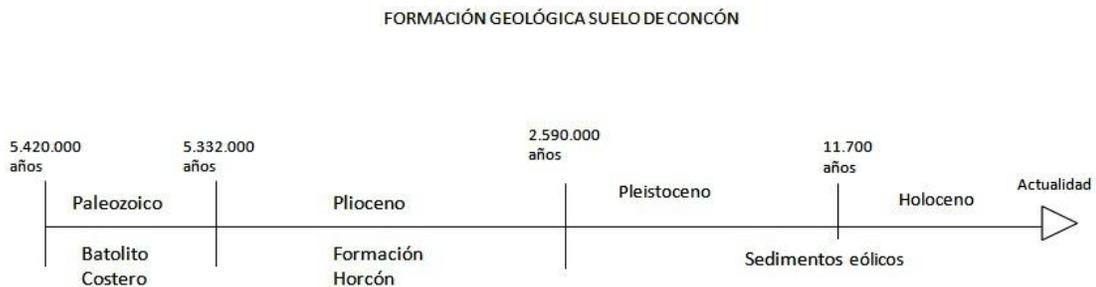


Figura 3.1 – Línea de tiempo formación geológica del suelo de Concón. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Escala\\_temporal\\_geol%C3%B3gica](http://es.wikipedia.org/wiki/Escala_temporal_geol%C3%B3gica)

La formación geológica presente en el sector compuesta por rocas como el granito biotita, el gneis, la arenisca y las limonitas puede hacer que el suelo en estudio presente una composición mineralógica consistente en cuarzo, feldspatos y mica.

### 3.4.- Antecedentes geotécnicos

Con lo señalado en el punto 3.3, es posible identificar cuatro (4) tipos de suelos de fundación en la zona de estudio: Batolito costero (Roca Ígnea), Gneis (Roca Metamórfica), Areniscas y limonitas (Rocas sedimentarias) y Sedimentos eólicos.

A continuación, se señala las características que posee cada uno de estos tipos de suelos y si estos califican como buenos o malos suelos para fundar.

- Batolito: En Concón se caracteriza por estar compuesto por granito. El granito es una roca ígnea ácida de grano grueso cuyas propiedades tanto físicas como mecánicas dependen del estado en que se encuentra. Cuando se encuentra en estado sano presenta una resistencia a la compresión entre 800 y 2700 kg/cm<sup>2</sup> y densidad de 2,5 a 2,8 T/m<sup>3</sup>, en cambio si se

encuentra en estado alterado (presenta fisuras) su resistencia a la compresión disminuye a un rango entre 108 y 1450 kg/cm<sup>2</sup> y su densidad de 2,5 a 2,6 T/m<sup>3</sup>.

El granito es un tipo de roca que produce suelos residuales del tipo limos arenosos, arenas limosas de color canela y amarillo, con cantidades variables de mica y arcillas de la familia de las caolinitas cuya capacidad para cimentar en ellos varía de acuerdo a la meteorización que hayan sufrido [Sowers y Sowers72].

Como suelo de fundación las rocas en general presentan propiedades que las validan como tal pues mientras menos fracturas tenga la roca mayor será su resistencia, pero si una roca presenta fallas, es posible que estas sigan transmitiéndose y provoquen una fractura mayor en esta que en el caso de un acantilado, por ejemplo, lleve a la ocurrencia de derrumbes o desplazamientos. Se debe considerar también el grado de meteorización para su elección como tal pues el nivel de desintegración que presenta la roca en un cierto espesor puede ser muy heterogéneo, dando lugar a propiedades distintas a la de la roca madre y posibilidad de deslizamientos y fallas.

Una desventaja del uso de este suelo es su excavación, pues si la roca es muy dura es necesario el uso de explosivos y/o maquinaria especial, lo que puede aumentar considerablemente el costo de fundación. Esta situación podría incluso ser más difícil y costosa si hay presencia de napa subterránea.

- Gneis: Es un tipo de roca metamórfica formada producto de la alteración de los minerales del material original por efecto del calor, presión y las fuerzas cortantes [Sowers y Sowers72]. Se caracteriza porque los minerales se han segregado por capas. Tiene una resistencia a la compresión entre 1500 y 3000 kg/cm<sup>2</sup> y una densidad de 2,5 a 2,8 T/m<sup>3</sup>.

Este tipo de roca produce suelos residuales que varían desde los limos a las arenas limosas [Sowers y Sowers72].

Al igual que el batolito posee propiedades que lo validan como suelo de fundación y su uso como tal debe evaluarse dependiendo del estado y grado de meteorización de la roca. En caso de roca fracturada es posible que factores como el clima provoquen nuevas capas de meteorización más débiles que la inicial, por lo tanto estas capas pueden separarse con mayor facilidad en dirección paralela a la disposición de estas provocando deslizamientos de roca.

- Areniscas y limolitas: Son un tipo de rocas sedimentarias de tipo clásticas (compuestas de fragmentos de roca y minerales) que se han formado por algún proceso de endurecimiento [Sowers y Sowers72].

La arenisca posee una resistencia a la compresión entre 80 y 2000 kg/cm<sup>2</sup> y una densidad de 1,6 a 2,9 T/m<sup>3</sup>. La limolita posee características similares a la arenisca (la diferencia es que sus granos son más finos que los de la arenisca) y está compuesta en su mayoría por limo.

Las rocas sedimentarias constituyen un buen material de cimentación, dependiendo su calidad del grado de endurecimiento [Sowers y Sowers72]. Aquellas que presenten mayor endurecimiento serán más duras y por ende más resistentes, lo que las hace un buen suelo para fundar y viceversa. El grado de endurecimiento está determinado por la cantidad y tipo de cementante. Cuando el cementante es arcilloso la roca baja su resistencia si se expone a agua o hielo.

- Sedimentos eólicos: Son un tipo de suelo compuesto por arenas de color pardo en la duna estabilizada y arenas finas de color amarillo en las zonas activas formados principalmente por la acción del viento [Castro y Brignardello97].

Cuando las arenas están muy sueltas tienen una alta compresibilidad y por ende mientras mayor sea la carga que se aplique mayor será el asentamiento. Además son sensibles a los efectos de vibración, lo que hace peligroso los trabajos de excavación no solo para la maquinaria y personal que trabaje ahí, también por el asentamiento que se puede producir en estructuras colindantes ya existentes. Otro factor a considerar es la presencia de agua, pues la arena humedecida o mojada puede permanecer sin desmoronarse incluso en grandes pendientes pero el secado de esta o simples vibraciones pueden provocar un hundimiento, por lo tanto el agua le da una condición de inestable.

Por los tipos de suelos residuales que se producen por las rocas antes mencionadas, es de esperar que estas arenas contengan limos y arcillas.

La ventaja que poseen como suelo de fundación es que su compacidad aumenta con la profundidad por lo que en pocos metros puede ser posible encontrar suelos muy compactos, y presentan facilidad para ser excavadas. Si bien estas últimas características lo valdidad como suelo de fundación, se debe considerar que podrían contener arcillas por lo que en dicho sector podría considerarse mejoramientos de suelos.

Finalmente, la elección del suelo de fundación se toma al evaluar propiedades como peso volumétrico, densidad, absorción, porosidad, granulometría, plasticidad, humedad, cohesión, ángulo de fricción interna, resistencia al corte, elasticidad, razón de Poisson, rigidez, entre otras. Todas estas propiedades se determinan tomando muestras de suelo y ensayándolas de acuerdo a los procedimientos indicados en las normas respectivas.

### **3.5.- Clasificación suelos de fundación**

Para evitar clasificaciones subjetivas de las características del suelo en ingeniería, es que estos se han ordenado en diferentes grupos de acuerdo a sus propiedades más importantes y tipo de obra a realizar. Los ordenamientos más utilizados son el USCS para obras civiles en general y el ASSHTO para el diseño y construcción de carreteras. En Chile además de estos dos antes mencionados, se utiliza la clasificación de suelos propuesta en la NCh 433 "Diseño sísmico de edificios".

#### **3.5.1.- Sistema unificado de clasificación de suelos (USCS)**

Para determinar el tipo de suelo, este sistema utiliza los datos de laboratorio obtenidos del ensaye de granulometría (norma extranjera ASTM D 422) y los límites de Atterberg o de consistencia (norma extranjera ASTM D 4318 y normas chilenas NCh 1517/1, 1517/2 y 1517/3).

El primer paso es dividir el suelo en dos clases: granos gruesos (si menos del 50% en peso pasa por el tamiz 200 o de 0.08 mm) y granos finos (si el 50% o más en peso pasa por el tamiz 200 o de 0,08 mm).

Los granos gruesos se representan por una primera letra que define el tipo de suelo y corresponde a una G en caso de gravas y S en caso de arenas, a estas se incluye una segunda letra que describe la graduación de las partículas, P si son pobremente graduadas, W si son bien graduadas, M si contiene limos y C si contiene arcillas. Aquí es posible distinguir una combinación de ocho (8) tipos de suelos.

- Gravas (G): Se clasifica como gravas a aquellos suelos en que menos del 50 % en peso pasa por el tamiz n° 4 (5 mm).
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0.08 mm) es menor a 5 se clasifica como GW (grava bien graduada) o GP (grava pobremente graduada).
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0,08 mm) es mayor a 12 se clasifica como GM (grava limosa) o GC (grava arcillosa)
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0,08 mm) está entre 5 y 12 se utiliza símbolo doble GW-GC, GP-GM.
- Arenas (S): Se clasifica como arenas a aquellos suelos en que más del 50 % en peso pasa por el tamiz n°4 (5 mm).
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0.08 mm) es menor a 5 se clasifica como SW (arena bien graduada) o SP (arena pobremente graduada).
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0,08 mm) es mayor a 12 se clasifica como SM (arena limosa) o SC (arena arcillosa)
  - ✓ Si % que pasa por tamiz 200 (0,08 mm) está entre 5 y 12 se utiliza símbolo doble SW-SM, SP-SC.

Los granos finos se representan por una primera letra que define el tipo de suelo y corresponde a M en caso de limos, C en caso de arcillas y O si son suelos orgánicos y una segunda letra que define la plasticidad y que corresponde a una H si tiene alta plasticidad o L en caso de baja plasticidad. Aquí es posible distinguir una combinación de seis (6) tipos de suelos.

- Limos (M):
  - ✓ Si el límite líquido es menor a 50 se clasifica como ML (limo inorgánico de baja plasticidad o compresibilidad).
  - ✓ Si el límite líquido es mayor a 50 se clasifica como MH (limo inorgánico de alta plasticidad o compresibilidad).
- Arcillas (C):
  - ✓ Si el límite líquido es menor a 50 se clasifica como CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad o compresibilidad).
  - ✓ Si el límite líquido es mayor a 50 se clasifica como CH (arcilla inorgánica de alta plasticidad o compresibilidad).
- Limos o arcillas orgánicos (O):
  - ✓ Si el límite líquido es menor a 50 se clasifica como OL (arcillas y limos orgánicos de baja plasticidad o compresibilidad).
  - ✓ Si el límite líquido es mayor a 50 se clasifica como OH (arcilla y limos orgánicos de alta plasticidad o compresibilidad).

A estos 14 tipos de suelos antes mencionados se agrega un tipo especial denominado suelo altamente orgánico y que se clasifica como Pt.

Debido a que estos resultados ya se entregan en los informes de mecánicas de suelos no se ahonda en profundidad en este acápite en el procedimiento de determinación del símbolo que define el tipo de suelo, pero se muestra en la figura 3.2 las tablas de criterios utilizados en su determinación.

### 3.5.2.- Clasificación ASSHTO

Esta clasificación se para evaluar los suelos para la construcción de subrasantes de carreteras y terraplenes y al igual que la clasificación USCS, este sistema utiliza los datos obtenidos del ensayo de granulometría y de límites de Atterberg.

Este sistema clasifica los suelos en clases que se identifican con la letra mayúscula A seguida de un guión y luego un número. Mientras más aumenta el número disminuye la calidad del suelo. A algunas de las clases se les incluye un segundo número para indicar características de plasticidad. A continuación se describen los símbolos y sus significados:

- A-1: Grava o arena de buena graduación, puede incluir finos.
  - ✓ A-1-a: Mayormente gravas, pero puede incluir arena y finos.
  - ✓ A-1-b: Arena gravosa o arena graduada; puede incluir finos.
- A-2: Arena y grava con exceso de finos.
  - ✓ A-2-4: Arenas, gravas con finos de limo de baja plasticidad.
  - ✓ A-2-5: Arenas, gravas con finos de limo elásticos.
  - ✓ A-2-6: Arenas, gravas con finos de arcilla.
  - ✓ A-2-7: Arenas, gravas con finos de alta plasticidad.
- A-3: Arenas finas.
- A-4: Limos de baja compresibilidad.
- A-5: Limos muy compresibles.
- A-6: Arcilla de compresibilidad baja a media.
- A-7: Arcilla de alta compresibilidad.
  - ✓ A-7-5: Arcillas limosas de alta compresibilidad.
  - ✓ A-7-6: Arcillas de alta compresibilidad y alto cambio de volumen.
- A-8: Turba, suelos orgánicos.

Este dato se entrega en los informes de mecánicas de suelos por lo que tampoco se ahonda en profundidad en el procedimiento para la clasificación del tipo de suelo, aunque se muestra en la figura 3.3 la tabla con los criterios que se utilizan para la determinación de la clasificación del grupo.

### 3.5.3.- Clasificación según NCH 433 “Diseño sísmico de edificios”

Debido a la sismicidad del país es necesario considerar ciertos parámetros al momento de elaborar el diseño estructural de alguna edificación. Estos parámetros son entregados por la norma chilena 433.

La última norma declarada oficial es la del año 1996 (NCh433.Of96) aunque el año 2009 se incluyó algunas modificaciones y pasó a ser conocida como la NCh 433. Of96 mod 2009. El año 2010 y luego de las consecuencias causadas por el terremoto ocurrido el 27 de Febrero se revisó nuevamente esta norma y se incluyó nuevas modificaciones (Decreto Supremo N° 61).

Es principalmente en el acápite de clasificación del suelo de fundación donde se observa diferencias entre la norma oficial y sus posteriores modificaciones.

La NCh 433.Of96 propone una zonificación sísmica en la que se divide el territorio nacional en tres (3) zonas en orientación oeste-este, el número tres (3) para la franja costera, el número dos (2) para la franja central y el número uno (1) para la franja cordillerana. Esta zonificación no ha sufrido modificación y se utiliza actualmente. Concón está clasificado como zona 3.

En relación a los suelos de fundación, la NCh 433.Of96, define cuatro (4) tipos de suelo: I (roca), II (suelo firme), III (suelo blando o arenoso) y IV (suelo pantanoso), cuyas características se especifican en la figura 3.4. La elección del tipo de suelo y la zona sísmica determina algunos de los parámetros utilizados para el diseño y análisis de la respuesta estructural de la edificación al momento de un sismo. Para clasificar el tipo de suelo, era necesario conocer el índice de densidad (o densidad relativa) ( $ID$  ( $DR$ )), o el índice de penetración estándar ( $N$ ), o la resistencia a la compresión simple del suelo ( $q_u$ ), o la resistencia al corte no drenada del suelo ( $S_u$ ), o velocidad de propagación de las ondas de corte en el suelo ( $V_s$ ), o peso unitario seco del suelo ( $\gamma_d$ ), o RQD (en el caso de rocas).

Luego de la evaluación de daños producidos en las edificaciones por el terremoto de 2010, se modificó la tabla de clasificación de suelos de fundación agregando un nuevo tipo de suelo e incluyendo además la categoría de suelos especiales (aquellos que presentan comportamientos mecánicos singulares, tal es el caso de los suelos licuables, suelos colapsables, suelos orgánicos, entre otros), tal como se muestra en la figura 3.5. Esta nueva clasificación obliga a realizar el ensayo de velocidad de onda de corte equivalente promedio de los treinta (30) metros superiores del terreno ( $V_{s30}$ ), y según corresponda, el ensayo RQD, resistencia a la compresión simple del suelo ( $q_u$ ), el índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 Mpa ( $N_1$ ) y resistencia al corte no drenada del suelo ( $S_u$ ). Estas mediciones en terreno se deben evaluar en los primeros 30 m bajo la superficie natural del terreno o hasta la roca para conjuntos de viviendas en terrenos de más de 8000 metros cuadrados o estructuras de cinco (5) o más pisos sobre la superficie natural del terreno y edificios clasificados en la categoría III y IV (edificios de utilidad pública, aquellos cuyo uso es de vital importancia en caso de catástrofes y aquellos donde existe gran aglomeración de personas), sin embargo en el caso de estructuras que presentan un total menor a 500 metros cuadrados construidos, no sean superior a 2 niveles y/o pisos y tampoco presenten una altura total mayor a ocho (8) metros no será necesario justificar  $V_{s30}$  ni  $N_1$  o  $q_u$  en una profundidad de treinta (30) metros. Estas modificaciones se encuentran especificadas en el Decreto Supremo D.S. N° 61 de 2011.

### 3.6.- Software Arcview 3.2

Arcview es un software diseñado para trabajar en sistemas de información geográfica (SIG) desarrollado por la empresa ESRI, que está constituido por un conjunto de herramientas que permiten visualizar, explorar, editar y analizar información asociada a una referencia geográfica [Behm05]. Un Sistema de Información Geográfica (SIG) es un conjunto de procesos para capturar, almacenar, consultar, analizar y presentar todo tipo de información que pueda tener una referencia geográfica. Para ello los datos espaciales se vinculan con datos atributivos que permiten caracterizar la información [Behm05].

El Software Arcview posee herramientas que permiten incorporar información espacial y atributiva, crear mapas, desarrollar análisis espaciales, realizar consultas y cálculos sobre datos descriptivos. Permite además, agregar extensiones dependiendo del tipo de información que se quiere analizar.

El software genera *Layouts* que incorporan los distintos archivos que se utilizan en la creación de un proyecto. Estos archivos son las vistas, tablas y gráficos.

SISTEMA CLASIFICACION USCS							SISTEMA CLASIFICACION USCS				
GRUESOS (< 50% pasa 0,08 mm)							FINOS (≥ 50% pasa 0,08 mm)				
Tipo Suelo	Símbolo	% Ret. en 5 mm	% Pasa* 0,08 mm	CU	CC	**IP	Tipo Suelo	Símbolo	Lím. Líq. w <sub>L</sub>	Índice de Plasticidad * IP	
Gravas	GW	≥ 50% de lo Ret. en 0,08 mm	< 5	> 4	1 a 3		Limos Inorgánicos	ML	< 50	< 0,73 (w <sub>L</sub> -20) δ < 4	
	GP			4	< 1 δ > 3			MH	> 50	< 0,73 (w <sub>L</sub> -20)	
	GM							CL	< 50	> 0,73 (w <sub>L</sub> -20) y > 7	
	GC			> 12				CH	> 50	> 0,73 (w <sub>L</sub> -20)	
Arenas	SW	< 50% de lo Ret. en 0,08 mm	< 5	> 6	1 a 3		Arcillas Inorgánicas	OL	< 50	**w <sub>L</sub> seco al horno ≤ 75% del w <sub>L</sub> seco al aire	
	SP			6	< 1 δ > 3			OH	> 50		
	SM								Pi		
	SC			> 12							
*Entre 5 y 12% usar símbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC							Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente				
** Si IP = 0,73 (w <sub>L</sub> -20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73 (w <sub>L</sub> -20), usar símbolo doble: GM-GC, SM-SC							* Si IP = 0,73 (w <sub>L</sub> -20) ó si IP entre 4 y 7 e IP > 0,73 (w <sub>L</sub> -20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH				
En casos dudosos favorecer clasificación menos plástica Ej.: GW-GM en vez de GW-GC							** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente w <sub>L</sub> seco al horno				
En casos dudosos favorecer clasificación más plástica Ej.: CH-MH en vez de CL-ML							Si w <sub>L</sub> = 50; CL-CH ó ML-MH				
CU = $\frac{\phi 60}{\phi 10}$		CC = $\frac{\phi 30^2}{\phi 60 \times \phi 10}$									

Figura 3.2 – Tablas para clasificación de suelos según sistema USCS. Fuente: Apuntes de clases.

SISTEMA DE CLASIFICACION AASHTO											
Clasific. General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa 0,08 mm)						Suelos Finos (> 35% Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*			A-7-5** A-7-6**	
2 mm.	≤ 50										
0,5 mm.	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm.	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35			≥ 36				
w <sub>L</sub>				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
** A-7-5: IP ≤ (w <sub>L</sub> -30)						A-7-6: IP > (w <sub>L</sub> -30)					
IG = (B/0,08-35)(0,2 + 0,005 (w <sub>L</sub> -40)) + (B/0,08-15)(IP-10) × 0,01 * Para A-2-6 y A-2-7: IG = (B/0,08-15)(IP-10) × 0,01 Si el suelo es NP ⇒ IG = 0; Si IG < 0 ⇒ IG=0											

Figura 3.3 - Tabla para clasificación de suelos según sistema AASHTO. Fuente: Apuntes de clases.

Las vistas corresponden al mapa principal del área geográfica que se está estudiando y sobre el cual se agrega la información de características similares que se estudian. Para ingresar esta información se utilizan tablas compuestas por columnas que representan una variable o característica específica. Para comparar y analizar la información cuantitativa se utilizan gráficos.

Entre las extensiones (herramientas complementarias de Arcview) existe una para trabajar en 3D, por lo tanto los planos obtenidos presentan un comportamiento similar al que se da en realidad. Se destaca además la extensión *Cad reader*, que permite leer y editar archivos creados en Autocad 2D y 3D y la extensión *Surface Tools* que permite analizar superficies, por lo que basta con tener los planos topográficos de un sector para poder georeferenciar información.

Tipo de suelo	Descripción
I	<p>Roca: Material natural, con velocidad de propagación de ondas de corte in-situ igual o mayor que 900 m/s, o bien, resistencia de la compresión uniaxial de probetas intactas (sin fisuras) igual o mayor que 10 MPa y <i>RQD</i> igual o mayor que 50%.</p>
II	<p>a) Suelo con <math>v_s</math> igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien,</p> <p>b) Grava densa, con peso unitario seco <math>\gamma_d</math> igual o mayor que 20 kN/m<sup>3</sup>, o índice de densidad <i>ID(DR)</i> (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien;</p> <p>c) Arena densa, con <i>ID(DR)</i> mayor que 75%, o Índice de Penetración Estándar <i>N</i> 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,</p> <p>d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado <math>s_u</math> igual o mayor que 0,10 MPa (resistencia a la compresión simple <math>q_u</math> igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras.</p> <p>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.</p>
III	<p>a) Arena permanentemente no saturada, con <i>ID(DR)</i> entre 55 y 75%, o <i>N</i> mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien,</p> <p>b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien,</p> <p>c) Suelo cohesivo con <math>s_u</math> comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (<math>q_u</math> entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien,</p> <p>d) Arena saturada con <i>N</i> comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 Mpa).</p> <p>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.</p>
IV	<p>Suelo cohesivo saturado con <math>s_u</math> igual o menor que 0,025 MPa (<math>q_u</math> igual o menor que 0,050 MPa).</p> <p>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.</p>

Figura 3.4 - Clasificación suelos de fundación según NCh 433 Of96. Fuente: NCh 433 Of96.

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

Figura 3.5 - Clasificación de suelos de acuerdo a propiedades geotécnicas del suelo. Fuente: Decreto Supremo N° 61 2011 Diseño sísmico de edificios.

## 4.- Clasificación y ordenamiento de la información de mecánica de suelos

### 4.1.- Recopilación de la información

Para lograr los objetivos de esta investigación se ha recopilado antecedentes disponibles de Mecánicas de Suelos, consistentes en informes de estudios y ensayos de laboratorio recurriendo únicamente a la oficina de la Dirección de Obras (DOM) de la comuna de Concón pues los informes de las diversas empresas se adjuntan para completar la carpeta de proyecto que se debe entregar a la DOM.

Los antecedentes disponibles permiten obtener información sobre la estratigrafía y propiedades del suelo donde se ha proyectado apoyar las fundaciones de la obra a construir de 81 subsectores ubicados en la zona de estudio.

Se define como subsector el área en que se realiza el estudio de suelos de cada informe y para identificarlos estos han sido enumerados de Oeste a Este y representados gráficamente sombreando el polígono que representa el terreno en que se ubica el sector tal como se muestra en la figura 4.1.

La ubicación específica de los subsectores se presenta en la Tabla 4.1 en la que además, de la dirección del subsector, se especifica la fecha en que se realiza la exploración y el tipo de exploración realizado para la toma de la muestras. Los tipos de exploración se especifican como pozo o calicata, sondaje SPT "*Standard Penetration Test*" y CPT "*Cone Penetration Test*".

El sondaje SPT consiste en la hincada por golpe de una barra de acero hueca llamada muestreador Terzaghi o cuchara normal que permite tomar una muestra del terreno y medir el grado de compacidad del suelo, contabilizando el número de golpes necesarios para la hincada en intervalos de 15 cm de profundidad hasta que se produzca el rechazo (más de 50 golpes). Las condiciones para la realización de este ensayo se encuentran dadas en la norma internacional ASTM D 1586.

El sondaje CPT también consiste en la hincada de una barra de acero con punta cónica por golpes en intervalos de 30 cm, que a diferencia del SPT no permite obtener muestras de suelo y solo mide la resistencia a la penetración (compacidad) del suelo.

### 4.2.- Clasificación de la información

#### 4.2.1.- Modelo estratigráfico

La información proporcionada en las mecánicas de suelo de cada uno de los 81 subsectores se ha asimilado inicialmente transcribiendo el modelo estratigráfico presentado en el informe de suelo del subsector.

El modelo estratigráfico describe el tipo de suelo y algunas características que este presenta en cada uno de los horizontes definidos y la profundidad a la que es posible encontrar el horizonte. Todos estos datos se presentan en la tabla 4.2, en la que se ha mantenido la misma numeración de subsectores indicada en la figura 4.1.

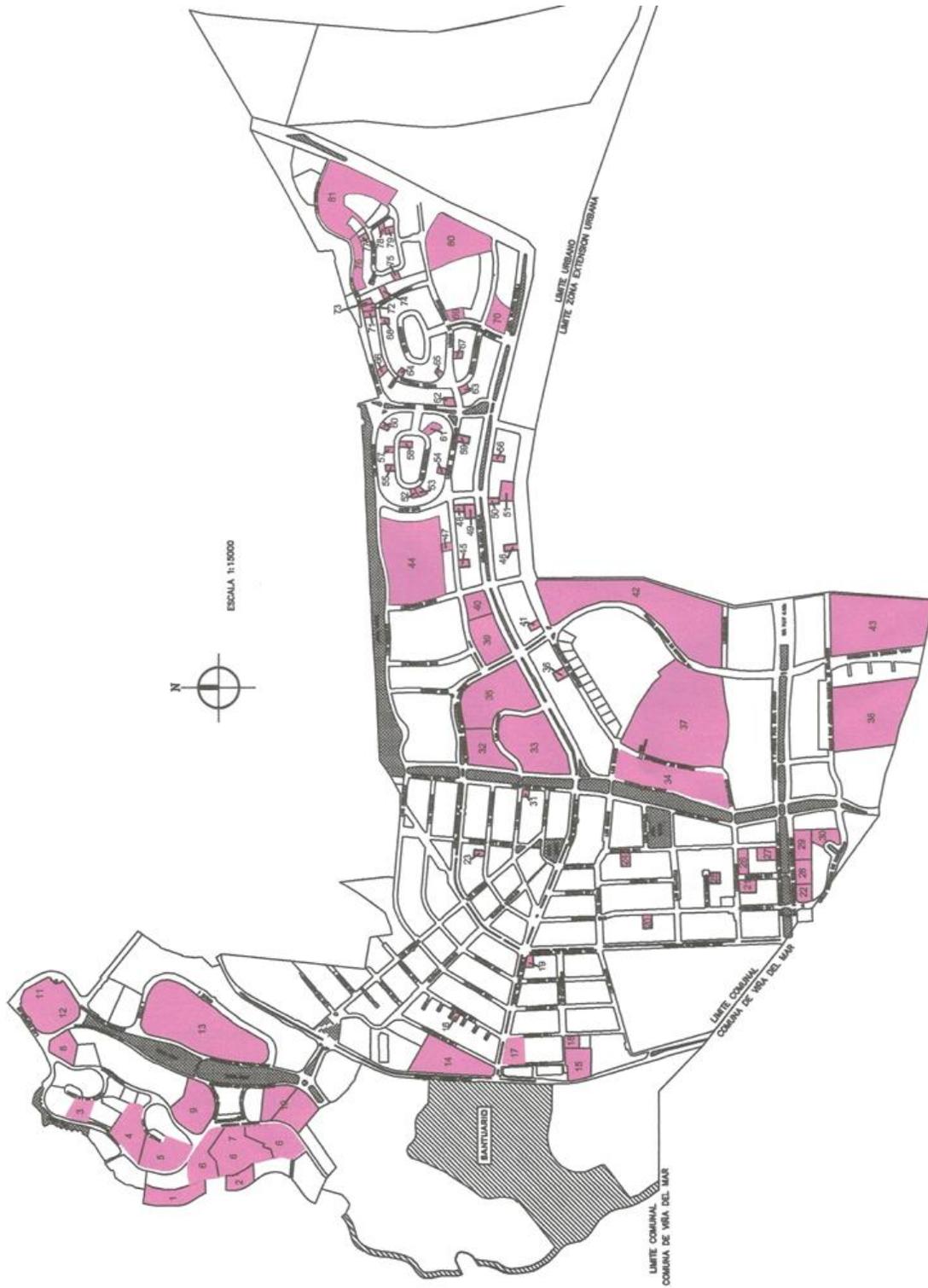


Figura 4.1 - Ubicación de subsectores en el área de estudio. Fuente: Elaboración propia en base a plano del sector.

Tabla 4.1 - Ubicación de cada subsector y tipo de exploración realizada.

SUBSEC.	UBICACIÓN	FECHA	TIPO DE EXPLORACIÓN		
			CALICATA	SPT	CPT
1	Avenida Borgoña Edificio Costa Brava II	abr-05	NO	SI	NO
2	Lote 6d Avenida Borgoño	mar-07	SI	NO	NO
3	Calle de la luna N° 77 Edificio Costa Horizonte II	nov-13	NO	SI	NO
4	Avenida Cornisa N° 320	ago-11	NO	SI	SI
5	Avenida Cornisa N° 450 y N° 550	jun-06	NO	SI	SI
6	Lotes 6b. 6c y 6d Entre Av cornisa y Av Borgoño	oct-06	SI	NO	NO
7	Avenida Cornisa N° 750	oct-12	SI	SI	NO
8	Costa de Montemar manzana G lote 1	ene-08	SI	SI	NO
9	Avenida Mirador Norte N°720 y N°810 Cond. Vistamar	nov-08	NO	SI	NO
10	Avenida Costa de Montemar N°624 y N°710	may-03	NO	NO	SI
11	Calle Las Pimpinelas N° 765	sep-94	SI	SI	SI
12	Manzana H Costa de Montemar	sep-94	NO	SI	SI
13	Avenida Costa de Montemar N° 621	oct-13	SI	NO	NO
14	Avenida Concón-Reñaca N° 3650	jul-10	SI	NO	NO
15	Avenida Edmundo Eluchans N° 3420	feb-12	SI	NO	SI
16	Calle Las Hiedras N° 951	mar-13	SI	NO	NO
17	Avenida Blanca Estela N° 96 Edificio Blanca Estela	mar-13	SI	SI	SI
18	Calle Las Hiedras N° 795	ene-11	NO	SI	NO
19	Avenida Blanca Estela N° 1488	oct-13	SI	NO	NO
20	Calle Las Cinerarias N°645	may-13	SI	NO	NO
21	Pinares de Montemar lotes 7 y 8 Mz 14	oct-99	SI	NO	SI
22	Avenida Francisco Soza N° 505 y N° 550	ene-13	SI	SI	SI
23	Calle Las Cinerarias N° 1177	abr-09	SI	NO	NO
24	Calle Los Olivillos N° 675	feb-02	SI	NO	NO
25	Pasaje Las Cinerarias Lote 8	sep-09	SI	NO	SI
26	Calle Los Prunos N° 486 Edificio Liquidambar	may-12	NO	SI	SI
27	Calle Los Prunos N° 405 y N° 435	may-09	SI	SI	NO
28	Avenida Francisco Soza Cousiño sur N° 590 y N° 610	ago-11	NO	SI	SI
29	Avenida Francisco Soza Cousiño N° 650,690 y 750	ene-12	SI	SI	SI
30	San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 770 y N° 780	ene-13	SI	SI	SI
31	Calle Las Fucsias N° 390	mar-11	SI	NO	NO
32	Loteo Av. Bosques de Montemar, Los Pellines y Las fucsias	jun-06	SI	NO	SI
33	Avenida Los Pellines esquina Blanca Estela	jul-07	SI	SI	NO
34	Loteo Pinares de Montemar quinta Etapa	nov-10	SI	NO	NO
35	Loteo Av. Blanca Estela, Las fucsias y Av Bosques de Montemar	jul-05	SI	NO	NO
36	Av Pinares de Montemar N° 263	sep-12	SI	NO	NO
37	Loteo Alto Pinares Etapa VI y VIII	ene-12	SI	NO	NO
38	Calle San Josemaría Escrivá de Balaguer N° 955	feb-10	SI	NO	NO
39	Calle Bosques de Montemar oriente esquina Blanca Estela	sep-04	NO	NO	NO
40	Avenida Blanca Estela esquina Calle St. Margaret	feb-09	SI	NO	NO
41	Avenida Pinares de Montemar N° 331	jun-10	SI	NO	NO

Tabla 4.1 - Ubicación de cada subsector y tipo de exploración realizada. (Continuación)

SUBSEC.	UBICACIÓN	FECHA	TIPO DE EXPLORACIÓN		
			CALICATA	SPT	CPT
42	Avenida Bosques de Montemar oriente con Calle Liquidambar	nov-11	SI	SI	SI
43	Calle Bosques de Montemar con calle Josemaría Escríva de Balaguer	mar-12	SI	NO	NO
44	Calle Saint Margaret N° 150	dic-02	SI	NO	SI
45	Lomas de Montemar N° 222	dic-07	SI	NO	NO
46	Pinares de Montemar N° 425	abr-10	SI	NO	NO
47	Lomas de Montemar N° 241	feb-11	SI	NO	NO
48	Lomas de Montemar N° 284	abr-13	SI	NO	NO
49	Avenida Blanca Estela N° 1675	may-12	SI	NO	SI
50	Avenida Blanca Estela N° 1654	feb-11	NO	NO	NO
51	Av Pinares de Montemar N° 467, 465 y 457	sep-05	NO	NO	SI
52	Calle San Cristóbal N° 84	dic-06	SI	NO	NO
53	Calle San Cristóbal N° 94	mar-07	SI	NO	NO
54	Lomas de Montemar N° 327		SI	NO	NO
55	Calle San Cristóbal N° 38	abr-14	SI	NO	NO
56	Avenida Blanca Estela N° 1684	feb-10	SI	NO	NO
57	Calle San Cristóbal N° 24		NO	NO	NO
58	Calle San Cristóbal N° 17	jul-11	SI	NO	NO
59	Calle Lomas de Montemar N° 360	ene-11	SI	NO	NO
60	Calle Los abedules N° 1690	feb-05	SI	NO	NO
61	Calle San Cristóbal N° 190	jun-06	SI	NO	NO
62	Calle Santa Sofía N° 265	may-12	SI	NO	NO
63	Calle Santa Macarena N° 110	nov-08	SI	NO	NO
64	Calle Santa Bárbara N° 405	jul-07	SI	NO	SI
65	Avenida Lomas de Montemar N° 485		SI	NO	NO
66	Calle Santa Bárbara N° 380	ene-11	SI	NO	NO
67	Avenida Lomas de Montemar N° 550		NO	NO	NO
68	Calle Santa Bárbara N° 315	jun-09	SI	NO	NO
69	Calle San Ignacio N° 305	mar-11	SI	NO	NO
70	Santa Macarena con San Ignacio	ene-14	SI	SI	NO
71	Calle Santa Bárbara N° 310	sep-11	SI	NO	NO
72	Calle Santa Bárbara N° 302	ago-13	NO	NO	NO
73	Calle Santa Bárbara N° 220		SI	NO	NO
74	Calle Santa Bárbara N° 130		SI	NO	NO
75	Calle San Daniel N° 130	jun-13	SI	NO	NO
76	Calle Los Abedules Lotes 133 al 141	may-12	SI	NO	SI
77	Calle San Daniel N° 18	dic-12	SI	NO	SI
78	Calle San Daniel Lote 7	dic-13	SI	NO	SI
79	Calle San Daniel N° 235	jul-14	SI	NO	NO
80	Lomas de Montemar VIII Etapa	nov-10	SI	NO	NO
81	Lomas de Montemar VI Etapa	nov-10	SI	NO	NO

Fuente: Elaboración propia en base a información recopilada.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector.

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
1	H-1	0,0-5,0	Arena fina, poco limosa, color café a café oscuro, humedad, compacidad media.
	H-2	5,0-12,0	Arena fina, poco limosa, color café a café oscuro, humedad, arena compacta.
	H-3	12,0-17,0	Arena fina, poco limosa, color café a café oscuro, humedad, arena muy compacta.
2	H-1	0,5 - 1,4	Arena fina de color café claro, compacidad media a densa, humedad baja y estructura homogénea. Localmente se pueden detectar rellenos con presencia de raíces y raicillas.
	H-2	1,4-7,0	Arena limosa de color café claro, humedad media, compacidad alta y estructura homogénea.
	H-3	S/l *	Roca sólida de alta dureza. Este estrato no se detecta en pozos n°1 y 2, debido a la ubicación a la cual se encuentran.
3	H-1	0,0-3,5	Arena dura, color café, algo limosa, grano fino, densa, compacidad baja, húmeda, de finos no plásticos.
	H-2	3,5-6,0	Arena dura, color café, algo limosa, grano fino, densa, compacidad media a alta, húmeda, de finos no plásticos.
	H-3	6,0-20,5	Arena dura, color café, algo limosa, grano fino, densa, compacidad alta, húmeda, de finos no plásticos.
	H-4	20,5-36	Arena dura, color café, algo limosa, grano fino, densa. La arena ofrece resistencia a la perforación.
4	H-1	0,0-7,0	Sedimento eólico consistente en arena de duna de grano fino poco limosa, de color gris amarillo, levemente orgánica, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad, y de baja compacidad en el primer metro, la compacidad aumenta con la profundidad, con leve cohesión tipo cementación, suelo algo desmoronable en cortes verticales.
	H-2	7,0-17,0	Sedimento eólico consistente en arena de duna de grano fino poco limosa, de color amarillo gris, levemente orgánica, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad, y de alta y creciente, con leve cohesión tipo cementación, desmoronable en cortes verticales.
	H-3	17,0-31,5	Arena sedimentaria de dunas de grano fino poco limosa de color gris oscuro, levemente orgánica, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad y de muy alta compacidad, con leve cohesión tipo cementación.
	H-4	31,5-35,0	Suelo residual consistente en maicillo original del cerro consistente en arena de grano medio a fino, inorgánica y sin plasticidad. Suelo residual muy duro y firme e impenetrable a golpes de la sonda.
5	H-1	0,0-0,45	Capa superficial de suelo de relleno maicillo vegetal arenoso limoso o de arena limosa suelta y vegetal de color amarillo rojizo y de baja plasticidad, algo húmedo. No desmoronable en cortes de pequeña altura.
	H-2	0,45-15,0	Duna natural de cerro de origen sedimentario eólico consistente en arena de grano fino carente de grava, de color café grisáceo oscuro variando a gris amarillento con vetas negruzcas, de granos finos cuarzosos de cantos duros y de geometría angulosa, con escasa raicillas, sin plasticidad y con leve a nula cementación, de humedad natural media-alta, y de compacidad en aumento con la profundidad. Desmoronable en cortes verticales.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
6	H-1	0,0 - 0,3	Capa vegetal de matriz arena limosa, color café claro, humedad media, presenta raíces y raicillas.
	H-2	0,3-5	Arena limosa, color café claro, humedad media, compacidad alta, estructura homogénea.
7	H-1	0,0 - 3,0	Relleno artificial matriz arena fina limosa, color café claro, humedad media, se observan trozos de hormigón.
	H-2	3,0-18,0	Arena fina algo limosa, color café claro, humedad baja a media con la profundidad y saturada bajo agua, compacidad alta a muy alta con la profundidad, finos de baja plasticidad.
	H-3	18,0-30,0	Roca en estado de meteorización, color gris con pigmentaciones de color verde y café. Roca de mediana a buena calidad, planos en forma vertical y diagonales.
8	H-1	0-3,0	Capa superficial de suelo inicialmente tipo relleno o "duna joven" de arena fina limosa con algo de vegetación y raíces superficiales hasta 1,0/1,5 m, algo de grava fina, color gris claro en superficie cambiando a café grisáceo oscuro bajo 1,0/1,5 m, de baja a nula plasticidad, húmeda, medianamente desmoronable en cortes verticales.
	H-2	3,0-17,4	Arena natural de cerro o "duna vieja" firme de origen sedimentario eólico consistente en arena de grano fino limosa, carente de grava, de color café grisáceo oscuro variando a gris amarillo oscuro, de granos finos cuarzosos de cantos duros y de geometría angulosa, con escasa raicilla, sin plasticidad y con leve a nula cementación, de humedad natural media-alta de mediana a alta compacidad, algo desmoronable en cortes verticales debido a su baja cohesión natural.
	H-3	17,4-19,0	Arena sedimentaria de grano fino arcillo maicillos con algo de limo y de color amarillo grisáceo, con planchones de arena fina rojiza y sectores con ferrita de granos finos cuarzosos de cantos duros y de geometría angulosa, sin organicidad, sin plasticidad, leve a nula cementación, humedad natural media, suelo granular de alta compacidad.
	H-4	19,0-19,5	Maicillo residual húmedo descompuesto de transición al maicillo más firme natural del cerro, a describir como arena arcillosa y algo fangosa de color amarillo rojizo, plástica, sin organicidad, suelo granular de muy alta compacidad.
	H-5	19,5-23,7	Maicillo residual húmedo firme y natural del cerro, a describir como arena arcillosa y de color amarillo grisáceo blanquizco con filones de roca tipo gneis dura amarillo verdoso, plástica, sin organicidad, suelo granular de grano medio a grueso, muy alta compacidad.
9	H-1	0,0-4,0	Arena de dunas de tamaño arena fina color marrón claro con negro.
	H-2	4,0-20,0	Este horizonte está constituido por arena fina con bajo contenido de finos de color café marrón y negro. La compacidad de este horizonte es alta a muy alta y se considera como adecuada para las fundaciones.
10	H-1	S/I	Horizonte superficial designado comúnmente como "duna nueva" y corresponde a una arena color gris amarillento o café gris claro, caracterizada por una cohesión nula y una compacidad creciente desde baja a media en superficie hasta media a alta en su parte más profunda.
	H-2	S/I	Arena de dunas color gris claro, compacidad alta a muy alta y con finos no plásticos.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
11	H-1	0-0,4	Capa vegetal y suelo removido, arena limosa, color café claro.
	H-2	0,4-1,7	Estratificaciones de arenas finas limosas, color café claro a amarillo, humedad media, estructura homogénea, compacidad media a baja. Presencia de raíces y raicillas.
	H-3	1,7-7	Estratificaciones de arenas finas limosas, color café claro a amarillo, humedad media, estructura homogénea, compacidad media a baja. Presencia de raíces y raicillas.
12	H-1	0,0-0,2	Capa vegetal y suelo removido, arena limosa, color café claro.
	H-2	0,2-2,0	Estratificaciones de arenas finas limosas, color café claro a amarillo, humedad media, estructura homogénea, compacidad media a baja.
	H-3	2,0-8,0	Suelo de similares características que H-2 pero de compacidad alta a muy alta, presentando algunos estratos con cementaciones variables.
	H-4	8	Arena limosa color amarillo, humedad media, compacidad alta, estructura homogénea. Este material corresponde al estrato superficial de roca alterada y se conoce con el nombre de maicillo. Solo se ubicó en el pozo 4 a 8 m de profundidad, pero debería encontrarse en toda el área a profundidades parecidas.
13	H-1	0,0-0,2	Escarpe.
	H-2	0,2-1,5	Arena fina, color gris plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural, presencia de raíces y raicillas.
14	H-1	0,0-0,7	Relleno conformado por matriz grava arenosa, color café y humedad media. Las gravas presentan canto redondeado y sub-redondeados, tamaño máximo $\frac{3}{4}$ ". Los sectores de jardineras presenta césped (0,1m), arena arcillosa de color gris (0,2 m), base estabilizada (0,35 a 0,4 m). Se observan tubos de PVC.
	H-2	0,7-10	Arena fina de color café a café claro, humedad media a baja, estructura homogénea y compacidad media.
15	H-1	0,0-1,8	Arena, color café claro, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas, nombre típico arena de duna.
	H-2	1,8-3,0	Arena fina, color café claro, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural medianamente suelta, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas.
16	H-1	0,0-0,3	Capa vegetal arena limosa de color café oscuro a negro, elevada organicidad, presencia de raíces y raicillas, humedad alta y baja compacidad.
	H-2	0,3-1,0	Arena fina de dunas, perturbada, color café grisáceo, con algunas raíces y raicillas, presencia aislada de gravas y pequeños trozos de concreto, al fondo de las calicatas suelo natural inalterado, consistente en arena fina de duna, mal graduada, sin plasticidad, compacidad media alta, muy densa, algo cohesiva con leve cementación, depositación de duna antigua estabilizada.
17	H-1	0,0-5,0	Arena sedimentaria de dunas fina y limosa mal graduada de color café, sin gravilla, húmeda, sin plasticidad, de mediana a medianamente alta compacidad.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
17	H-2	5,0-9,5	Arena sedimentaria de dunas de grano fino y limosa y de color café oscuro, húmeda, sin gravilla, no plástica, de alta compacidad. Suelo conocido como "duna vieja".
	H-3	9,5-12,5	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, sin gravilla y de color café claro grisáceo. Suelo sin salinidad conocido como "duna vieja", estabilizada y consolidada sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular con baja cohesión.
	H-4	12,5-14	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina limosa, estrato de color amarillo oscuro. Suelo sin salinidad, estabilizado y consolidado sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular con baja cohesión, alta humedad y compacidad muy alta.
	H-5	14,0-16,5	Sub-estrato de suelo natural sedimentario consistente en arena fina limo-arcillosa, sin gravilla, color amarillo grisáceo, sin salinidad, estabilizado y consolidado sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con algo de cohesión, alta humedad y compacidad muy alta.
	H-6	16,5-27,0	Suelo natural consistente en grava arenosa limo- arcillosa, estrato de color verde grisáceo. Suelo sin salinidad, sin plasticidad y con leve cohesión, de granos tenaces de geometría angular, de alta humedad y de compacidad muy alta.
	H-7	27,0-33,0	Roca maciza granítica, gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco, húmedo, con planos de clivaje, exfoliación, juntas y zonas de cizalle visibles.
18	H-1	0,0-2,0	Arena de duna de grano fino algo limosa y de color café grisáceo, de mediana humedad, sin gravilla, no plástica y de baja compacidad, leve cohesión tipo cementación.
	H-2	2,0-9,5	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, de color gris oscuro. Suelo sin salinidad conocido como "duna vieja", estabilizada y consolidada sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular con baja cohesión.
	H-3	9,5-20,0	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y poco limosa, de color gris oscuro. Suelo sin salinidad conocido como "duna vieja", estabilizada y con leve cohesión, de granos tenaces de geometría angular y de muy alta compacidad.
	H-4	20,0-35	Suelo granular sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, de color gris amarillento. Suelo húmedo, estabilizado y consolidado con el tiempo, sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión y de muy alta compacidad.
19	H-1	0,0-0,1	Suelo fino arcilloso arenoso, presencia de pasto y raíces.
	H-2	0,1-0,8	Arena fina de dunas. Suelo natural consistente en arena limo arcillosa, color café-grisáceo, plasticidad baja, sin olor, húmeda, estructura homogénea, origen sedimentaria, presencia de raíces y raicillas, consistencia media.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
19	H-3	0,8-1,7	Arena fina de dunas. Suelo natural consistente en arena limosa, color café-grisáceo, mal graduada, plasticidad nula, sin olor, húmeda, sin indicios orgánicos, estructura homogénea, origen sedimentaria, consistencia alta y aumentando con la profundidad.
20	H-1	0,0-0,5	Capa vegetal y/o rellenos. Arena arcillosa y relleno heterogéneo, seco, color café oscuro, abundante presencia de docas.
	H-2	0,5-1,5	Suelo natural consistente en arena limo arcillosa, color café oscuro, plasticidad baja, sin olor, húmeda, estructura homogénea, origen sedimentaria, abundante presencia de raicillas, consistencia media.
	H-3	1,5-1,8	Suelo natural consistente en arena limosa, color café grisáceo, mal graduada, plasticidad nula, sin olor, sin indicios orgánicos, humedad mediana, estructura homogénea, origen sedimentaria, consistencia alta.
21	H-1	0,0-0,25	Capa superficial. Suelo vegetal dunoso consistente en arena limo arcillosa de color gris claro, orgánica, con muchas raíces y raicillas, de baja compacidad y seca.
	H-2	0,25-0,7	Terreno dunoso natural consistente en arena fina sedimentaria natural limosa, de color café oscuro, sin plasticidad, con raicillas y raíces, de baja a mediana compacidad y de baja humedad. Suelo granular de nula a baja cohesión.
	H-3	0,7-2,4	Suelo sedimentario natural consistente en arena de duna de grano fino color café plumizo, sin plasticidad con algunas raíces y raicillas, de compacidad baja a mediana y baja humedad con muy baja cohesión e inestable a cortes verticales.
	H-4	2,4 ≈ 90	Estratos densos de arena de dunas antigua y consolidada de grano fino y de colores amarillo grisáceo variando a café grisáceo, sin indicios orgánicos, de baja humedad superficial variando a alta humedad en profundidad, de alta compacidad variando a muy alta compacidad bajo 6 metros, sin cohesión.
22	H-1	0-12,0	Arena fina limosa de dunas mal graduada de grano fino y de color café grisáceo, levemente orgánica con raicillas, húmeda, de mediana variando en profundidad a muy alta compacidad.
	H-2	12,0-13,0	Arena fina limosa de dunas de grano fino y de color café rojizo o café anaranjado, húmeda, de mediana compacidad.
	H-3	13,0-24,0	Arena fina limosa de dunas de grano fino y de color café grisáceo, levemente orgánica y húmeda, de alta compacidad.
	H-4	24,0-27,0	Arena limosa y algo gravosa residual de grano fino tipo maicillo de color amarillo grisáceo, de muy alta compacidad.
	H-5	27,0-36,0	Roca maciza tipo granito. Gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco.
23	H-1	0,0-0,5	Capa vegetal y/o rellenos. Arena arcillosa y relleno heterogéneo, seco, color café oscuro, abundante presencia de docas.
	H-2	0,5-1,5	Suelo natural consistente en arena limo arcillosa, color café oscuro, plasticidad baja, sin olor, húmeda, estructura homogénea, origen sedimentaria, abundante presencia de raicillas, consistencia media.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
23	H-3	1,5-1,8	Suelo natural consistente en arena limosa, color café grisáceo, mal graduada, plasticidad nula, sin olor, sin indicios orgánicos, humedad mediana, estructura homogénea, origen sedimentario, consistencia alta.
24	H-1	0,0-1,1	Terreno forestado. Matriz de arena de duna seca con poco fino limoso no cohesivo de dilatancia rápida. Sin plasticidad. Color café grisáceo. No presenta cementación. Muchas raíces y raicillas.
	H-2	1,1-2,5	Suelo natural inalterado. Duna. Matriz de arena tamaño fino con escasa cantidad de limo no cohesivo de dilatancia ultra rápida. Sin plasticidad. Color gris amarillo claro. No presenta cementación. Algunas raicillas.
25	H-1	0,0-2,0	Arena, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural media a densa, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas, nombre típico arena de duna.
26	H-1	0,0-19,0	Arena limosa, color café, densa, de grano fino, finos no plásticos, de alta compacidad.
	H-2	19,0-31,0	Maicillo, arena limosa, color café - anaranjado, densa. Roca meteorizada.
	H-3	31,0-36,0	Roca fracturada y en descomposición. Bajo porcentaje de recuperación y calidad de roca.
27	H-1	0,0-0,9	Capa superior vegetal de 10-25 cm de espesor de arena tipo duna muy suelta de color gris claro y bajo ella una capa de arena de dunas "sucias" de color café grisáceo oscuro, no cementada ni salina, algo porosa, de muy baja compacidad, con raíces y raicillas, sin plasticidad y de baja a mediana humedad natural.
	H-2	0,9-11,0	Duna natural antigua. Estrato granular sedimentario eólico y aluvial de arena fina algo limosa de color café plumizo variando a amarillo grisáceo, suelo mal graduado de grano fino y de humedad mediana a alta, sin cohesión, ni cementación, inorgánico, sin plasticidad. El grano proviene de gneis granítico descompuesto y presenta bastante ferrita.
	H-3	11,0-13,8	Duna con matriz de arena fina arcillo-limosa con algo de partículas cohesivas de dilatancia semi rápida y de color grisáceo. Estrato de suelo de plasticidad baja, no cementado y no salino, inorgánico, algo cohesivo, humedad natural alta. Presenta granulometría pobremente graduada, grano poco resistente muy afectado por meteorización de geometría angulosa y compacidad media alta.
	H-4	13,8-18,0	Estrato natural sedimentario de arena fina algo limosa de color café grisáceo variando a gris amarillento, suelo mal graduado, de grano fino y de humedad mediana a alta, sin cohesión, sin plasticidad ni cementación, inorgánico.
28	H-1	0,0-2,0	Sedimento eólico consistente en arena de duna de grano fino y limosa, de color café oscuro, orgánica y con raicillas, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad, y de baja compacidad en el primer metro, la compacidad aumenta con la profundidad, con leve cohesión tipo cementación, suelo algo desmoronable en cortes verticales.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
28	H-2	2,0-4,0	Sedimento eólico consistente en arena de duna de grano fino y limosa, de color café, algo orgánica y con raicillas, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad, y de alta compacidad, con leve cohesión tipo cementación, suelo poco desmoronable en cortes verticales.
	H-3	4,0-6,5	Sedimento eólico consistente en arena de duna de grano fino y limosa, de color café amarillo, con poca materia orgánica y sin raicillas, húmeda, sin gravilla, sin plasticidad, y de alta compacidad, con leve cohesión tipo cementación, suelo poco desmoronable en cortes verticales.
	H-4	6,5-8,0	Suelo sedimentario natural consistente en arena fina mal graduada y arcillosa de dunas, de color café oscuro. Suelo sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada, de baja plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angulosa, húmeda y de compacidad muy alta.
	H-5	8,0-10	Suelo sedimentario natural consistente en arena fina mal graduada y arcillosa de dunas, de color café rojizo. Suelo arenoso sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada, de baja plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angulosa, húmeda y de compacidad muy alta.
	H-6	10,0-19,0	Suelo sedimentario natural consistente en arena fina mal graduada y limosa de dunas, de color café amarillo. Suelo arenoso sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada, sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angulosa, húmeda y de compacidad muy alta.
	H-7	19,0-19,5	Estrato de pequeña potencia de suelo sedimentario natural consistente en arena fina arcillosa y mal graduada de color amarillo rojizo. Suelo sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada, sin plasticidad, con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, húmeda y compacidad mediana.
	H-8	19,5-29,0	Suelo sedimentario natural consistente en arena fina limosa mal graduada, de color café rojizo. Suelo arenoso sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada, sin plasticidad y sin cementación, de granos tenaces de geometría angulosa, húmeda y de compacidad muy alta.
	H-9	29,0-35,0	Roca tipo granito tipo gneis "ala de mosca" de color blanco con pintas negras perforada y extraída con barrilete, de bajo RQD.
	29		0,0-1,0
H-1		1,0-2,0	Arena fina limosa, con finos no plásticos, color café claro, húmeda baja, compacidad media, estructura homogénea. Presencia de raicillas.
H-2		2,0-14,5	Arena fina limosa, con finos no plásticos, color gris amarillento, húmeda baja, compacidad media a firme, estructura homogénea, algunos lentes de color gris oscuro.
H-3		14,5-25,5	Arena fina limosa de baja plasticidad, color gris amarillento, con vetas gris oscuro, húmeda baja, compacidad media a firme, estructura homogénea, se observa algo de mica y contenido de partículas minerales. Muestras presentan contenido mineral, partículas finas son detectadas con imán.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
29	H-4	25,5-27	Arena fina a media, con algo de finos no plásticos, color gris amarillento, húmeda baja, compacidad media a firme, estructura homogénea, se observa algo de mica. Muestras presentan contenido mineral, partículas finas son detectadas con imán.
	H-5	27-30	Roca con características de "maicillo", color gris amarillento y verdoso, se observan gravas aisladas, tamaño máximo 2" de cantos subredondeados, bastante mica. Muestras presentan contenido mineral, partículas finas son detectadas con imán.
30	H-1	0,0-2,0	Arena limosa de duna de grano fino y color café, sin gravilla, levemente orgánica con raicillas, húmeda, sin cementación, sin plasticidad, de mediana compacidad.
	H-2	2,0-4,0	Arena limosa de duna mal graduada de grano fino y color café rojizo, sin gravilla, levemente orgánica con raicillas, húmeda, sin cementación, de baja plasticidad, de alta compacidad.
	H-3	4,0-18,0	Arena limosa de duna de grano fino y color café grisáceo, sin gravilla, inorgánica, húmeda, sin cementación, sin plasticidad, de muy alta compacidad.
	H-4	18,0-27,0	Arena limosa de duna de grano fino y color amarillo grisáceo, sin gravilla, inorgánica, húmeda, sin cementación, sin plasticidad, de muy alta compacidad.
	H-5	27,0-36,0	Roca maciza tipo granito. Gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco, húmedo, de dureza Mohs 7, con planos de clivaje, exfoliación, juntas y zonas de cizalle visibles.
31	H-1	0,0-1,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, olor terreo, húmeda, compacidad natural medianamente densa, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas.
	H-2	1,0-2,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural, sin indicios de materia orgánica.
32	H-1	0-1,4	Arena de duna de grano fino color café gris claro, seca, porosa de baja compacidad con muchas raíces de árboles, maleza y raicillas, más algunos socavones.
	H-2	1,4- 5,4	Suelo natural consistente en arena fina de dunas, de color café grisáceo claro variando a oscuro. Suelo tipo duna vieja, estabilizada y consolidada, sin plasticidad ni cementación, de granos tenaces de geometría angulosa, con muy baja cohesión, de mediana humedad y de compacidad mediana en aumento con la profundidad.
33	H-1	0,0-0,2	Cobertura vegetal.
	H-2	0,2-8,45	Arena fina limosa color café, consistencia muy firme a partir de 1,6 a 2,4 m. Se observa la presencia aislada de raicillas.
34	H-1	0-0,2	Escarpe.
	H-2	0,2-2	Arena fina, color gris, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural, sin indicio de materia orgánica. Nombre típico arena de duna.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
35	H-1	0,0-0,10	Escarpe constituido por capa vegetal o suelo contaminado con materia orgánica tipo raíces y raicillas.
	H-2	0,10-1,50	Arena limosa color café, sin olor, húmeda, plasticidad nula, compacidad densa, estructura homogénea, origen natural.
36	H-1	0,0-0,1	Capa vegetal.
	H-2	0,1-0,5	Arena limo arcillosa, color café grisáceo, humedad baja, compacidad suelta, estructura homogénea, sin plasticidad.
	H-3	0,5-1,5	Arena arcillosa de grano fino, color café rojizo, leves tonos de oxidación, olor ninguno, humedad media, compacidad semidensa, estructura homogénea, no plástica.
37	H-1	0,0-0,2	Escarpe.
	H-2	0,2-1,5	Arena fina, color gris, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural, sin indicio de materia orgánica. Nombre típico arena de duna.
38	H-1	0,0-0,9	Arena fina mal graduada uniforme, de color pardo oscuro. Presenta muy baja resistencia seca, semi húmeda. La fracción fina presenta una nula plasticidad, dilatancia rápida y consistencia muy suave. Compacidad suelta, cementación débil y presencia de raíces y raicillas.
	H-2	0,9-3,0	Arena fina de color pardo claro, sin presencia de materia orgánica, cementación débil y compacidad en función de la profundidad siendo media al comienzo y densa a muy densa a medida que se profundiza. La humedad incrementa a medida que se alcanza profundidades mayores.
39	H-1	0,0-0,1	Capa de suelo vegetal.
	H-2	> 0,1	Arena fina algo limosa, mal graduada de origen eólico, de compacidad mediana cerca de la superficie pero aumenta rápidamente con la profundidad, presenta cierta cohesión debido a la tensión capilar.
40	H-1	0,0-0,2	Capa de suelo vegetal arenosa.
	H-2	0,2-0,9	Arena fina de color café, humedad baja, compacidad alta, abundantes raíces y raicillas.
	H-3	0,9-6,0	Arena fina de color café, humedad media, compacidad alta a muy alta con la profundidad.
41	H-1	0-1,0	Suelo tipo vegetal con raicillas.
	H-2	1,0-3,10	Arena café oscura con poca humedad.
42	H-1	0,0-0,1	Capa vegetal arenosa fina mal graduada y seca color café claro.
	H-2	0,1-7,0	Arena sedimentaria de dunas de grano fino algo limosa y de color amarillo grisáceo, mediana humedad, no plástica y de mediana a alta compacidad, leve cohesión tipo cementación.
	H-3	7,0-13,0	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, color gris oscuro. Suelo sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión.
	H-4	13,0-16,0	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, color café amarillento. Suelo sin salinidad conocido como duna vieja, estabilizada y consolidada sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión. Compacidad alta.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
42	H-5	16,0-19,0	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, color gris amarillento. Suelo húmedo, estabilizado y consolidado sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión y de compacidad alta.
	H-6	19,0-21,5	Suelo natural sedimentario consistente en arena fina de dunas mal graduada y limosa, color gris amarillento. Suelo húmedo, estabilizado y consolidado sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión y de compacidad media.
	H-7	21,5-24,0	Suelo natural sedimentario consistente en arena media de dunas mal graduada y limosa, color amarillo. Suelo algo húmedo, estabilizado y consolidado sin plasticidad y con leve cementación, de granos tenaces de geometría angular, con baja cohesión y de mediana variando a muy alta compacidad.
	H-8	24,0-28,0	Manto macizo de roca granítica gneis tipo "ala de mosca" de color blanco negruzco, homogénea.
43	H-1		Relleno compuesto por arena fina limosa.
	H-2		Arena limosa de grano fino, plasticidad nula, humedad media baja. Posee cementación nula y consistencia baja en aumento con la profundidad. No se observan raíces ni raicillas.
44	H-1	0,0-0,9	Arena de duna de grano fino y color gris claro, seca, porosa, de baja compacidad, con raíces y raicillas, más algunos socavones, sin cohesión ni cementación.
	H-2	0,9-8,0	Arena fina de duna poco limosa, de color café grisáceo. Suelo tipo duna vieja, estabilizada y consolidada, sin plasticidad ni cementación, de granos tenaces de geometría angular, con muy baja cohesión, de compacidad media a muy alta.
45	H-1	0,0-2,0	Arena limosa, color gris, plasticidad nula, olor térreo, húmeda, estructura homogénea, origen natural, presencia de raíces y raicillas, nombre típico arena de duna, dilatancia ninguna, resistencia seca escasa, consistencia blanda, cementación débil.
46	H-1	0,0-0,3	Relleno compuesto de arena limosa. Plasticidad nula, humedad baja y color café claro. Posee una cementación baja y una consistencia blanda. Existe presencia de raíces y raicillas en contenido medio.
	H-2	0,3-3,0	Arena limpia limosa. Plasticidad baja, humedad media a baja y color café. Posee una cementación media a baja y una consistencia media. No se observan raíces ni raicillas.
47	H-1	0,0-0,1	Cobertura vegetal.
	H-2	0,1-3,0	Suelo granular compuesto por arena limosa de color café gris, tamaño de grano fino, humedad baja a media, consistencia blanda. Presencia de raíces y raicillas.
48	H-1	0,0-0,8	Arena fina mal graduada, con un bajo contenido de finos limosos, de color pardo oscuro, húmeda, con cementación baja, y compacidad de suelta a compacta. Presencia de raíces.
	H-2	0,8-2,0	Arena fina mal graduada con finos limosos no plásticos. Presenta color pardo oscuro, húmedo, con cementación baja, compacidad media compacta.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
49		0,0-1,4a1,8	Material de relleno de profundidad variable. Se observa alta presencia de raicillas de persistencia media a alta. Humedad baja. Densidad baja.
	H-1	1,4a1,8-2,2	Arena limosa. Color café claro, poco húmedo, de consistencia suave, estructura homogénea con presencia de raicillas. Resistencia en seco nula. Dilatabilidad rápida, dureza del fino baja, no plástico.
	H-2	2,2-3	Arena limosa. Color café oscuro, húmedo, de consistencia suave, estructura homogénea. Resistencia en seco nula. Dilatabilidad rápida, dureza del fino baja, no plástico, densidad media.
50	H-1	0,0-0,2	Suelo vegetal.
	H-2	0,2-1,5	Material tipo duna de mediana compactación y de baja humedad. Presencia de raicillas.
51	H-1	0,0-0,6	Estrato heterogéneo, formado por una mezcla de arena de dunas con finos, raíces, raicillas y algo de escombros aislados, suelo removido, no apto para fundar.
	H-2	0,6-4,0	Arena fina. De color gris, con visos amarillos, homogénea, compacta, cementada por efecto de la sal, limpia, con clara cohesión aparente, humedad baja, fácil de excavar.
52	H-1	0,0-0,2	Arena de duna porosa, no consolidada, homogénea, con raíces y raicillas, de color café oscuro, fácil de excavar, sin humedad natural.
	H-2	0,2- más	Arena de dunas, color café claro a amarillo, con bajo contenido de finos, de canto anguloso, consolidado, fácil de excavar, húmeda en estado natural, suelo muy cementado.
53	H-1	0,0-1,5	Arena, color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad media, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas, nombre típico arena de duna.
54	H-1	0,0-1,0	Estrato de arcilla arenosa, color café claro, muy impermeable, homogéneo, el grano grueso está muy lubricado por el suelo fino. Suelo blando, difícil de excavar, con bajo índice de plasticidad.
55	H-1	0,0-0,2	Suelo de origen vegetal, con materia en descomposición.
	H-2	0,2-1,0	Relleno estructural en base a material estabilizado GC, color café gris de compacidad media, se aprecian restos de raíces y el material se encuentra húmedo.
	H-3	1,0-3,5	Se aprecia arena de duna, de color café gris, limpia, no posee restos de material orgánico, se encuentra húmedo, corresponde a un suelo no plástico y de dureza baja.
56	H-1	0,0-1,3	Arena fina color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural con presencia de raicillas y raíces, nombre típico arena.
	H-2	1,3-2,0	Arena fina color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural con presencia de raicillas, nombre típico arena.
57	H-1	0,0-0,4	Relleno heterogéneo compuesto por suelos de carácter vegetal con algo de escombros.
	H-2	0,4-2	Arena de duna, de gran compacidad, altamente cementada que soporta taludes prácticamente verticales por periodos temporales.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
58	H-1	0,0-1,2	Arena fina, color café, plasticidad nula, olor térreo, húmeda, compacidad natural medianamente densa, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas.
	H-2	1,2-2,4	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural.
59	H-1	0,0-0,2	Escarpe vegetal.
	H-2	0,2-2,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural media densa, estructura homogénea, sin indicios de materia orgánica.
60	H-1	0,0-0,2	Escarpe vegetal.
	H-2	0,2-1,5	Arena fina con algo de finos limosos, color café, plasticidad nula, olor térreo, húmeda, compacidad densa, estructura homogénea, presencia de raíces y raicillas.
61	H-1	0,0-0,6	Arena de duna, porosa, no consolidada, homogénea, con raíces y raicillas, de color café oscuro, fácil de excavar, sin humedad natural.
	H-2	0,6-1,2	Arena de duna, color café claro a amarillo, con bajo contenido de finos, de canto anguloso, consolidado, fácil de excavar, húmeda en estado natural, suelo muy cementado.
62	H-1	0,0-0,50	Arena de duna porosa, no consolidada, homogénea, con raíces y raicillas, de color café oscuro, fácil de excavar, sin humedad, en estado seco, no plástico natural. Suelo no apto para fundar.
	H-2	1,4-1,8	Arena de duna, color café claro amarillento, con bajo contenido de finos, denso, de canto anguloso, consolidado, fácil de excavar, húmedo en estado natural, sin presencia de materia orgánica, suelo muy cementado. Suelo apto para fundar.
63	H-1	0,0-0,8	Arena fina contaminada con madera, raíces, plásticos, relleno heterogéneo.
	H-2	0,8-2,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, olor térreo, húmeda, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas.
64	H-1	0,0-1,5	Arena de grano fino, limpia de color café algo gris, humedad baja y plasticidad nula, la compacidad se presenta media incrementándose en profundidad.
65	H-1	0,0-1,0	Estrato de arcilla arenosa, color café claro, muy impermeable, homogéneo, el grano grueso está muy lubricado por el suelo fino. Suelo blando, difícil de excavar, con bajo índice de plasticidad.
66	H-1	0,0-0,3	Cubierta vegetal y relleno compuesto por arena fina limosa, contaminada con plásticos y concreto.
	H-2	0,3-3,8	Arena limosa de grano fino, plasticidad nula, humedad baja, color café claro. Posee cementación baja a nula y consistencia media. Presencia de raíces ni raicillas.
67	H-1	0,0-1,0	Estrato de arcilla arenosa, color café claro, muy impermeable, homogéneo, el grano grueso está muy lubricado por el suelo fino. Suelo blando, difícil de excavar, con bajo índice de plasticidad.
68	H-1	0,0-0,4	Arena de duna porosa, no consolidada, homogénea, con raíces y raicillas, de color café oscuro, fácil de excavar, sin humedad natural.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
68	H-2	0,4 a más	Arena de duna, color café claro a amarillo, con bajo contenido de finos, de canto anguloso, consolidado, fácil de excavar, húmeda en estado natural, suelo muy cementado.
69	H-1	0,0-0,50	Relleno y capa vegetal. Color café claro.
	H-2	0,50-2,5	Arena fina mal graduada. Color plomo, sin plasticidad.
70	H-1	0,0-0,8	Arena distribución tamaño 5 mm, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural con presencia de raicillas.
	H-2	0,8-3,5	Arena distribución tamaño 5 mm, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural suelta, estructura homogénea, sin indicios de materia orgánica.
71	H-1	0-0,3	Arena arcillosa, color café oscuro, mal graduada, plasticidad baja a media, sin olor, húmeda, origen natural, presencia de pasto y raicillas.
	H-2	0,3-0,9	Suelo natural consistente en arena limo arcillosa, color café oscuro, plasticidad baja, sin olor, húmeda, estructura homogénea, origen sedimentaria, presencia de raicillas, consistencia media.
	H-3	0,9-1,1	Suelo natural consistente en arena limosa, color café grisáceo, mal graduada, plasticidad nula, sin olor, sin indicios orgánicos, humedad mediana, estructura homogénea, origen sedimentaria, consistencia alta.
72	H-1	0,0-0,4	Suelo vegetal.
	H-2	0,4-1,5	Arena limosa con presencia de arcilla de mediana compacidad y de baja humedad.
73	H-1	0,0-0,3	Arcilla compacta con arena seca.
	H-2	0,3-0,6	Arcilla compacta con arena seca.
	H-3	0,6-1,0	Arcilla compacta con arena seca y grava suelta.
74	H-1	0,0-0,3	Arcilla compacta con arena seca.
	H-2	0,3-0,6	Arcilla compacta con arena seca.
	H-3	0,6-1,0	Arcilla compacta con arena seca y grava suelta.
75	H-1	0-0,4	Arena limosa de compacidad media a suelta, color café oscuro, con presencia de raíces y basura.
	H-2	0,4-4	Arena media de compacidad media con aumento en profundidad, de origen sedimentario color café oscura, húmedas.
76	H-1	0,0-1,0	Arena fina color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural con presencia de raíces y raicillas, nombre típico arena.
	H-2	1,0-2,0	Arena fina color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural con presencia de raíces y raicillas, nombre típico arena.
77	H-1	0,0-1,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural con presencia de raíces y raicillas, nombre típico arena.
	H-2	1,0-2,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, seca, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural con presencia de raicillas, nombre típico arena.

Tabla 4.2 – Modelo estratigráfico de cada subsector. (Continuación)

SUBSEC.	HORIZONTE	ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
78	H-1	0,0-1,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, compacidad natural suelta, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas. Nombre típico arena.
	H-2	1,0-2,0	Arena fina, color café, plasticidad nula, sin olor, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural, presencia de raicillas. Nombre típico arena.
79	H-1	0,0-1,2	Arena poco densa con bajo porcentaje de limo, sin napa de agua. La densidad aumenta con la profundidad.
80	H-1	0,0-1,8	Arena fina con escasos finos limosos, color café, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad densa, estructura homogénea, origen natural con presencia de raicillas, nombre típico arena de duna.
81	H-1	0,0-0,2	Escarpe.
	H-2	0,2-1,5	Arena fina, color gris, plasticidad nula, sin olor, húmeda, compacidad natural densa, estructura homogénea, origen natural, sin indicio de materia orgánica. Nombre típico arena de duna.

\*S/I = Sin Información

Fuente: Informes de mecánicas de suelos de cada subsector.

#### 4.2.2.- Clasificación sistema USCS y sistema AASHTO

La información proporcionada sobre las características de las muestras de suelo de cada uno de los 81 subsectores determinadas en ensayos en laboratorio se ha transcrito en la tabla 4.3. Las características consideradas son la granulometría (% de material que pasa por el tamiz N° 200), los límites de consistencia o Atterberg y el tipo de suelo de acuerdo al sistema USCS y al sistema AASHTO.

De acuerdo a la información de la tabla 4.3, en la zona de estudio es posible encontrar de acuerdo a la clasificación del sistema USCS suelos del tipo SP (Arena pobremente graduada), SP-SM (Arena limosa pobremente graduada) en su mayoría, aunque se ha determinado también presencia de suelos de tipo SM (Arenas limosa), SC (arena arcillosa), SC-SM (Arena limo arcillosa), GM-GC (grava con limos y arcillas) y en cuanto a la clasificación AASHTO, suelos del tipo A-3 (0) (Arenas finas no plásticas) y A-2-4 (Arena con finos de limo de baja plasticidad), además de A-2-6 (Arenas con finos de arcilla) y A-1b (Arena graduada).

#### 4.2.3.- Norma NCh 433 “Diseño sísmico de edificios”

La información disponible sobre la clasificación de los suelos de fundación entregada por las mecánicas de suelos realizadas en los 81 subsectores se ha transcrito en la tabla 4.4. En ella se indica el subsector, el horizonte (que coincide con el entregado en la tabla 4.2) y el tipo de clasificación entregada.

Es importante mencionar que tal como se indica en el acápite 3.5.3 la norma chilena 433 fue modificada especialmente en el acápite de clasificación de suelo de fundación, por lo que en la tabla

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO.

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1	3,8-4	11	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
	1	6-6,2	2	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	1	7,8-8	4	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	2	3-3,2	22	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	2	7,8-8	5	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (1)
	4	0,4-0,6	6	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (1)
3	S1	1-1,45	10	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S1	2,0-2,45	22	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S1	3,0-3,45	1	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	4,0-4,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	5,0-5,45	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	6,0-6,45	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	7,0-7,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	8,0-8,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	8,45-9,0	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	9,0-9,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	9,45-10,0	1	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	10,0-10,45	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	11,50-11,95	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	13,0-13,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	13,45-14,50	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	14,50-14,95	1	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	16,0-16,45	3	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	16,45-17,5	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	17,5-17,95	1	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	17,95-19,0	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	19,0-19,45	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	19,45-20,5	2	-	-	-	SP	A-3 (0)
	S1	20,45-20,7	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	S1	20,7-22	7	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	S1	23,50-25,0	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	S1	25,0-26,5	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
S1	26,5-28,0	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)	
S1	28,0-29,5	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)	
S1	29,5-31,0	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)	
S1	31,0-32,5	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)	

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
3	S1	32,5-34,0	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	S1	34,0-36,0	7	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
4	SPT 2	0,0-7,0	-	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	7,0-17,0	-	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	17,0-31,5	-	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	31,5-35,0	-	-	-	NP	SP	A-2-6 (0)
	SPT 1	0,0-7,0	2	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 1	7,0-17,0	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 1	17,0-31,5	3	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 1	31,5-35,0	2	-	-	NP	SP	A-1-6 (0)
5	SPT 1	0,45-15,0	3	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	0,45-15,0	3	-	-	NP	SP	A-3 (0)
6	1	3-3,2	1	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	1	4,8-5	2	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	2	3-3,2	1	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	2	4,8-5	1	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	3	2,6-3	2	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	3	4,8-5	2	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	4	3-3,2	2	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	4	4,8-5	5	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
	5	4,8-6	6	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (1)
	6	4,8-7	4	-	-	NP	SP	A-2-4 (1)
7	1	6	17	-	28	NP	SM	-
	2	6	4	-	22	NP	SP	-
	2	10	23	-	24	NP	SM	-
	SPT 1	4,0-5,0	2	-	-	NP	SP	-
	SPT 1	8,0-9,0	7	-	-	NP	SP-SM	-
	SPT 1	12,0-13,0	6	-	-	NP	SP-SM	-
	SPT 1	16,0-17,0	25	-	-	NP	SM	-
	SPT 1	18,0-18,9	13	-	-	NP	SM	-
8	P1	1,0	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S1	0,0-1,5	5	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S1	1,5-3,0	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S1	3,0-17,4	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	S1	17,4-19	22	31	19	12	SC	A-2-6 (0)
	S1	19,0-19,5	22	30	20	10	SC	A-3-4 (1)
	S1	19,5-23,0	1	-	-	NP	SP	A-1-4 (0)

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
8	S1	23,0-23,7	3	-	-	NP	SP	A-1-6 (0)
	S2	0,0-1,0	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S2	1,0-2,0	5	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	S2	2,0-17,35	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
9	SPT 1	4,1	11	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
	SPT 1	7,2	3	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 1	10,0	7	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 1	13,4	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 1	16,4	12	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
	SPT 2	4,1	5	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	7,3	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT 2	10,3	8	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 2	13,5	6	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 2	16,4	7	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
10	-	-	-	-	-	-	-	-
11	1	1,0-1,2	3	-	-	NP	SP	-
	3	0,5-0,8	5	-	20	NP	SP-SM	-
	4	0,4-0,6	5	-	20	NP	SP-SM	-
	5	2,0-2,2	3	-	-	NP	SP	-
	7	2,0-2,2	11	-	21	NP	SP-SM	-
	8	0,5-0,8	8	-	19	NP	SP-SM	-
	8	1,0-1,2	11	-	21	NP	SP-SM	-
	9	6,0-6,2	2	-	-	NP	SP	-
	10	6,0-6,2	1	-	-	NP	SP	-
	S1	1,0-1,9	7	-	19	NP	SP-SM	-
	S1	3,0-3,9	5	-	19	NP	SP-SM	-
	S1	5,4-5,9	3	-	-	NP	SP	-
	S2	0,45-0,9	10	-	20	NP	SP-SM	-
	S2	1,0-1,9	10	-	18	NP	SP-SM	-
	S2	2,0-2,9	7	-	17	NP	SP-SM	-
	S2	3,0-3,8	6	-	17	NP	SP-SM	-
	S3	0,45-0,9	6	-	19	NP	SP-SM	-
	S3	2,0-2,9	4	-	-	NP	SP	-
	S3	4,0-4,9	2	-	-	NP	SP	-
S3	6,0-6,9	3	-	-	NP	SP-SM	-	



Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
17	SPT	0,0-5,0	12	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
	SPT	5,0-9,5	12	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
	SPT	9,5-12,5	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (1)
	SPT	12,5-14	23	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	SPT	14,0-16,5	48	19	25	6	SM-SC	A-4 (0)
	SPT	16,5-27,0	27	21	28	7	GM-GC	A-2-4 (0)
	P1	1,5	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
18	H-1	0,0-2,0	-	-	-	-	SP-SM	A-3 (0)
	H-2	2,0-9,5	-	-	-	-	SP-SM	A-3 (0)
	H-3	9,5-20,0	-	-	-	-	SP-SM	A-3 (0)
	H-4	20,0-35	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
19	1	0,8-1,7	4,8	-	-	NP	SP	-
	2	0,8-1,7	9	-	-	NP	SP	-
20	3	1,5-1,8	33	30	33	4	SP	-
21	1	1,7-3,0	25	-	-	NP	SP	-
22	SPT 1	0-12,0	26	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 1	12,0-13,0	11	-	-	-	SM(ML)	A-2-4 (0)
	SPT 1	13,0-24,0	10	-	-	-	SM	A-2-4 (0)
	SPT 1	24,0-27,0	10	-	-	-	SM	A-2-4 (0)
	2	1	-	-	-	-	-	-
	3	3	2,4	-	-	NP	-	-
	4	5	2,6	-	-	NP	-	-
23	-	-	3	-	-	NP	-	-
24	1	1,2-1,38	10	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	2	2,2	9	-	-	NP	SP	A-3 (0)
25	1	0,0-2,0	9	-	-	NP	SP	A-3 (0)
26	SPT1	1,0-1,45	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	2,0-2,45	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	3,0-3,45	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	4,0-4,35	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	4,35-5,0	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	5,0-5,45	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	5,45-6,0	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	6,0-6,45	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	6,45-7,0	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	7,0-7,45	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	7,45-8,0	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
26	SPT1	8,0-8,25	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	8,25-9,0	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	9,0-9,25	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	9,35-10,0	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	10,0-10,35	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	10,35-11,50	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	11,50-11,85	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	11,85-13,0	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	13,0-13,20	9	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	13,2-14,5	10	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	14,5-14,7	15	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	14,7-16,0	14	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	16,05-17,5	14	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	19,0-19,2	15	-	-	NP	SM	A-1b (0)
	SPT1	20,5-22,0	15	-	-	NP	SM	A-1b (0)
	SPT1	22,0-23,5	17	-	-	NP	SM	A-1b (0)
	SPT1	23,5-25	14	-	-	NP	SM	A-1b (0)
	SPT1	25,0-26,5	3	-	-	NP	SM	A-1b (0)
	SPT1	26,5-28	23,8	18	25	7	SM	A-1b (0)
	SPT1	28,0-29,5	8,2	-	-	NP	SM	A-1b (0)
27	SPT1	0,9-11,0	11	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	SPT1	11,0-13,8	10	-	-	NP	SC-SM	A-2-4-(0)
	SPT1	13,8-18,0	12	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
28	SPT1	0,0-2,0	29	22	32	10	SP-SM	A-2-4-(0)
	SPT1	2,0-4,0	26	19	28	9	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	4,0-6,5	13	-	-	NP	SP-SM	A-2-4-(0)
	SPT1	6,5-8,0	32	22	34	12	SC	A-2-4-(0)
	SPT1	8,0-10	30	-	-	NP	SC	A-2-4-(0)
	SPT1	10,0-19,0	1	-	-	NP	SM	A-2-4-(0)
	SPT1	19,0-19,5	-	-	-	-	SC (CL)	A-2-6-(0)
	SPT1	19,5-29,0	23	-	-	NP	SM	A-2-4-(0)
	SPT1	29,0-35,0	-	-	-	-	GP	A-1a (0)
29	SPT1	1-1,45	9	-	-	NP	-	-
	SPT2	2,0-2,45	-	-	-	-	-	-
	SPT3	3-3,45	17	-	-	NP	-	-
	SPT4	4-4,45	-	-	-	-	-	-
	SPT5	5-5,29	12	-	-	NP	-	-

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
29	SPT6	6-6,29	-	-	-	-	-	-
	SPT7	7-7,44	-	-	-	-	-	-
	SPT8	8-8,13	9	-	-	NP	-	-
	SPT9	10-10,27	-	-	-	-	-	-
	HQ	11-11,5	12	-	-	NP	-	-
	HQ	12,5-13	-	-	-	-	-	-
	HQ	13-14	20	17	16	1	-	-
	HQ	14-15	-	-	-	-	-	-
	HQ	15-16	18	18	16	2	-	-
	HQ	19-19,5	5	32	21	11	-	-
	HQ	20-21	10	-	-	NP	-	-
	HQ	24-25	49	23	28	5	-	-
HQ	28,5-29	20	-	-	NP	-	-	
30	SPT1	0,0-2,0	19	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT1	2,0-4,0	3	-	-	NP	SM (ML)	A-4 (0)
	SPT1	4,0-18,0	5	-	-	NP	SM	A-2-4-(0)
	SPT1	18,0-27,0	9	-	-	NP	SM	A-2-4-(0)
	1	0,0-2,0	7	-	-	NP	SW	A-1b (0)
	1	2,0-4,0	3	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	1	4,0-18,0	4	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
31	1	1,0-2,0	1	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
32	1	0,0-4,0	9	-	17,9	NP	SP	A-3 (0)
	2	0,0-4,2	5	-	17,2	NP	SP	A-3 (0)
	3	0,0-4,1	3	-	18	NP	SP	A-3 (0)
33	1	4,3	4	-	-	NP	SP-SM	-
	3	4,6	5	-	-	NP	SP-SM	-
	7	4,6	5	-	-	NP	SP	-
34	1	0,2-1,5	2	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	2	0,25-1,5	1	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	3	0,15-1,5	13	-	-	NP	SP	A-3 (0)
35	1	0,2-1,5	28	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	2	0,15-1,45	13	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	3	1,1-1,6	14	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	4	0-1,5	12	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	4	1,5-2	26	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	5	0-1,5	19	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	6	0,05-1,5	4,7	0	22	NP	SM	A-2-4 (0)

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
35	7	0,1-1,5	4	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	8	0,15-1,5	8	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
36	1		5	-	-	NP	SO-SM	A-2-4 (0)
37	1	0,2-1,5	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	2	0,2-1,5	-	-	-	-	SP-SM	A-3 (0)
	3	0,25-1,5	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
38	1	1,5	6	-	-	NP	SP	-
	2	1,5	6	-	-	NP	SP	-
	4	1,2	27	-	-	NP	SP	-
	5	1,2	-	-	-	-	SP	-
	8	1,3	9	-	-	NP	SP	-
39			30	-	-	NP	-	-
40	1	1,5	29	-	-	NP	SP	-
	1	3	25	-	-	NP	SP-SM	-
	2	3	23	-	-	NP	SP-SM	-
	2	6	4	-	-	NP	SC	-
41			3	-	-	NP	-	-
42	SPT 1	0,1-7,0	3	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	SPT 1	7,0-13,0	3	-	-	NP	SM (ML)	A-2-4 (0)
	SPT 1	13,0-16,0	3	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	SPT 1	16,0-19,0	3	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	SPT 1	19,0-21,5	2	-	-	NP	SM	A-2-4 (0)
	SPT 1	21,5-24,0	3	-	-	NP	SW	A-1b (0)
	P1	-	15	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	P2	-	8	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	P3	-	5,5	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	P4	-	5,9	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	P5	-	4	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	P6	-	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
P7	-	-	-	-	-	SP	A-3 (0)	
43	1	0,4-1,5	-	-	-	-	SM	A-2-4 (0)
	2	0,2-1,5	-	-	-	-	SP-SM	A-3 (0)
44	1	2,0-3,0	5	-	-	NP	SP-SM	A-3
	2	2,0-3,0	3	-	-	NP	SP-SM	A-3
45	1	0,0-2,0	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
46	1	0,9-3,0	-	-	-	-	SP-SM	-
	2	1,7-3,0	-	-	-	-	SP-SM	-

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
47	1	-	11	-	-	NP	SP	-
	2	-					SP	-
48	2	1	2	-	-	NP	SP	-
49	2	2	8	-	-	NP	SP	A-3 (0)
50	-	-	9	-	-	NP	-	-
51	-	-	-	-	-	-	-	-
52	-	-	5	-	-	NP	-	-
53	1	1,5	3	-	-	NP	SP-SM	A-2-4 (0)
54	-	-	6	-	-	NP	-	-
55	1	2	14	-	-	NP	SP	A-3 (0)
56	1	1,2-2,0	17	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	2	1,3-2,0	-	-	-		SP-SM	A-3 (0)
57	-	-	6	-	-	NP	-	-
58	1	1,2-2,4	4	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
59	1	0,2-2,0	7	-	-	NP	SP	A-3 (0)
	2	0,15-2,0	6	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
60	1	0,2-1,5					SM	A-2-4 (0)
	2	0,3-1,5	5	-	20	NP	SM	A-2-4 (0)
61	-	-	-	-	-	-	-	-
62	1	0-1,8	-	-	-	-	-	-
63	1	0,8-2,0	2	-	-	NP	SP	A-3 (0)
64	1	0,6	4	-	-	NP	SP	-
	1	1	3	-	-	NP	SP	-
65	-	-	3	-	-	NP	-	-
66	2	2,3	4	-	-	NP	SP-SM	-
67	-	-	12	-	-	NP	-	-
68	-	-	50	29	18	11	-	-
69	3	2	23	-	-	NP	SP	-
70	1	0,8-3,5	29	24	21	3	-	-
	2	1,05-3,5	55	29	17	12	-	-
	3	1,2-3,5	32	26	23	3	-	-
	4	1,9-3,5	-	-	-	-	-	-
	SPT 1	0-6,15	-	-	-	-	-	-
	SPT 1	6,15-8,3	-	-	-	-	-	-
	SPT 1	8,3-11,1	-	-	-	-	-	-
	SPT 1	11,1-18,55	2	-	-	NP	-	-
SPT 1	18,55-22,05	1	-	-	NP	-	-	

Tabla 4.3 – Clasificación USCS y AASHTO. (Continuación)

SUBSECTOR	N° POZO	ALTURA (m)	% PASA POR MALLA 200	LL (%)	LP(%)	IP	USCS	AASHTO
70	SPT 1	22,05-30,05	7	-	-	NP	-	-
71	1	0,9-1,1	5	-	-	NP	SP	-
72	-	-	4	-	-	NP	-	-
73	-	-	7	-	-	NP	-	-
74	-	-	5	-	-	NP	-	-
75	1	2,5	4	-	-	NP	SP	-
		3,3	7	-	-	NP	SP	-
76	1	1,0-2,0	5	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	2	1,2-2,0	4	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	3	0-2,0	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
77	1	1,0-2,0	3	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	2	1,2-2,0	4	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	3	0,0-2,0	2	-	-	NP	SP	A-3 (0)
78	1	1,0-2,0	5	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	2	1,2-2,0	4	-	-	NP	SP-SM	A-3 (0)
	3	0,0-2,0	6	-	-	NP	SP	A-3 (0)
79	-	-	5	-	-	NP	-	-
80	1	0,0-1,6	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
	2	0,0-1,8	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
	3	0,0-1,5	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
81	1	0,2-1,5	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
	2	0,2-1,5	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
	3	0,25-1,5	-	-	-	-	SP	A-3 (0)
	4	0,15-1,5	-	-	-	-	SP	A-3 (0)

Fuente: Informes de mecánicas de suelo de cada subsector.

4.4 se puede apreciar dos tipos de designación; para ensayos realizados antes del Decreto Supremo N° 61 de 2011 se utiliza la designación I (roca), II (suelo firme), III (suelo blando o arenoso) y IV (suelo pantanoso) y para ensayos realizados con posterioridad al Decreto se utiliza la designación A (roca, suelo cementado), B (roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme), C (suelo denso o firme), D (suelo medianamente denso, o firme), E (suelo de compacidad, o consistencia mediana), F (suelos especiales).

Tabla 4.4 – Clasificación suelos de fundación según NCh 433.

SUBSECTOR	HORIZONTE	NCh 433 antes de DS N° 61	DS N° 61
1	H-3	II	-
2	H-3	I	-
3	H-2	-	C
4	H-2	-	B
5	H-2	II	-
6	H-2	II	-
7	H-3	-	C
8	H-2	II	-
9	H-2	II	-
10	H-2	II	-
11	H-3	I	-
12	H-3	I	-
13	-	-	-
14	H-2	III	-
15	H-2	-	D
16	-	-	-
17	H-2	-	C
18	-	-	-
19	H-3	-	E
20	H-3	-	E
21	H-4	II	-
22	H-3	-	C
23	H-3	III	-
24	-	-	-
25	H-1	III	-
26	H-1	-	C
27	H-2	II	-
28	H-3	II	-
29	H-2	-	C
30	H-3	-	C
31	H-2	III	-
32	H-2	II	-
33	H-2	II	-
34	-	-	-
35	H-2	II	-
36	H-3	III	-
37	-	-	-
38	H-2	II	-
39	H-2	II	-
40	H-3	II	-
41	-	-	-
42	H-2	III	-
43	-	-	-
44	H-2	II	-
45	H-1	II	-
46	H-2	III	-

Tabla 4.4 – Clasificación suelos de fundación según NCh 433. (Continuación)

SUBSECTOR	HORIZONTE	NCh 433 antes de DS N° 61	DS N° 61
47	H-2	-	D
48	H-2	-	E
49	H-2	-	D
50	-	-	-
51	-	-	-
52	H-2	II	-
53	H-1	II	-
54	-	-	-
55	H-3	III	-
56	H-2	III	-
57	-	-	-
58	H-2	III	-
59	-	-	-
60	-	-	-
61	H-2	II	-
62	H-2	-	C
63	-	-	-
64	H-1	III	-
65	-	-	-
66	H-2	III	-
67	-	-	-
68	H-2	II	-
69	H-2	III	-
70	H-2	-	C
71	H-3	III	-
72	H-2	III	-
73	-	-	-
74	-	-	-
75	H-3	-	C
76	H-2	-	D
77	H-2	-	D
78	H-2	-	D
79	H-1	-	D
80	-	-	-
81	-	-	-

Fuente: Informes mecánicas de suelo de cada subsector.

## 5.- Análisis de la información

### 5.1.- Método para el análisis

#### 5.1.1.- Ubicación pozos de exploración

Luego de recopilar y organizar la información disponible sobre suelos de fundación en el sector Montemar, esta se agrega al software Arcview 3.2 para analizarla.

Se procede agregando los planos de información de las manzanas que componen toda la comuna de Concón y los límites entre zona urbana, zona rural y zona de extensión urbana como se muestra en el cuadro de la izquierda de la figura 5.1. Luego se incluyen los planos de información del sector Montemar correspondientes al límite Montemar, las manzanas dentro del límite y los subsectores (se sigue la misma numeración de la figura 4.1) como se muestra en el cuadro de la derecha de la figura 5.1. Además se incluye el plano de curvas de nivel (consideradas sobre el nivel del mar) en la zona de estudio para generar una superficie en 3D como se muestra en la imagen de la figura 5.2.

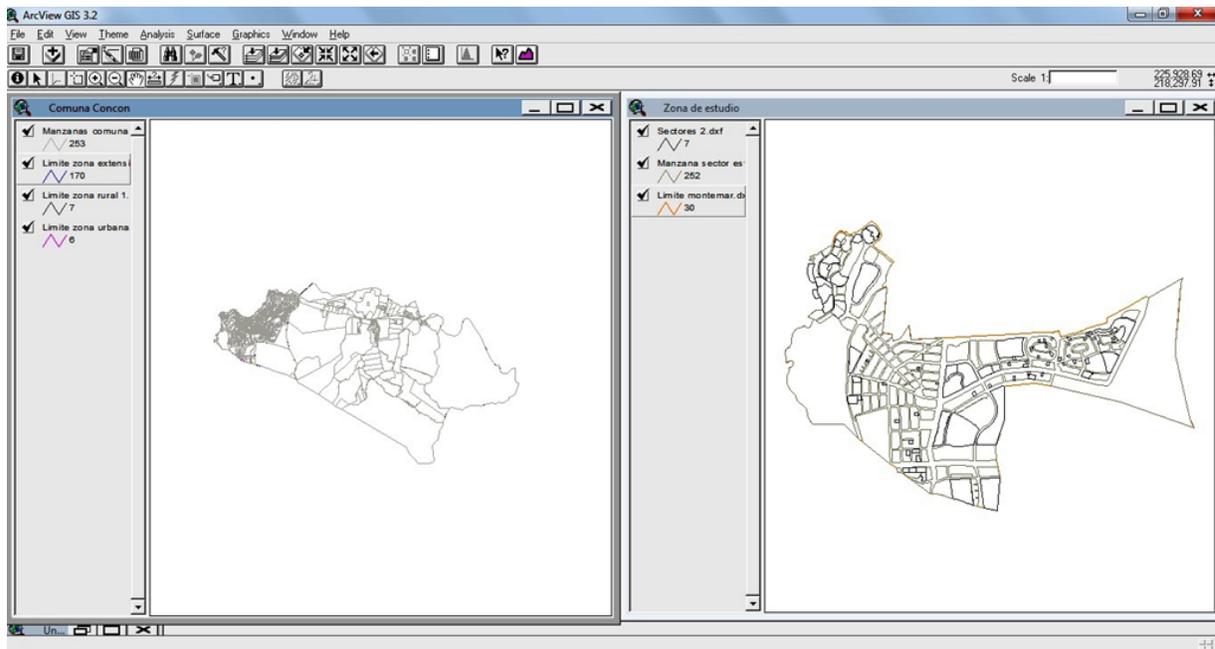


Figura 5.1 – Área de estudio generada ingresando datos a software Arcview 3.2. A la Izquierda se aprecia las manzanas que componen la comuna de Concón y a la derecha manzanas y sectores con mecánicas de suelos del área de estudio. Fuente: Elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

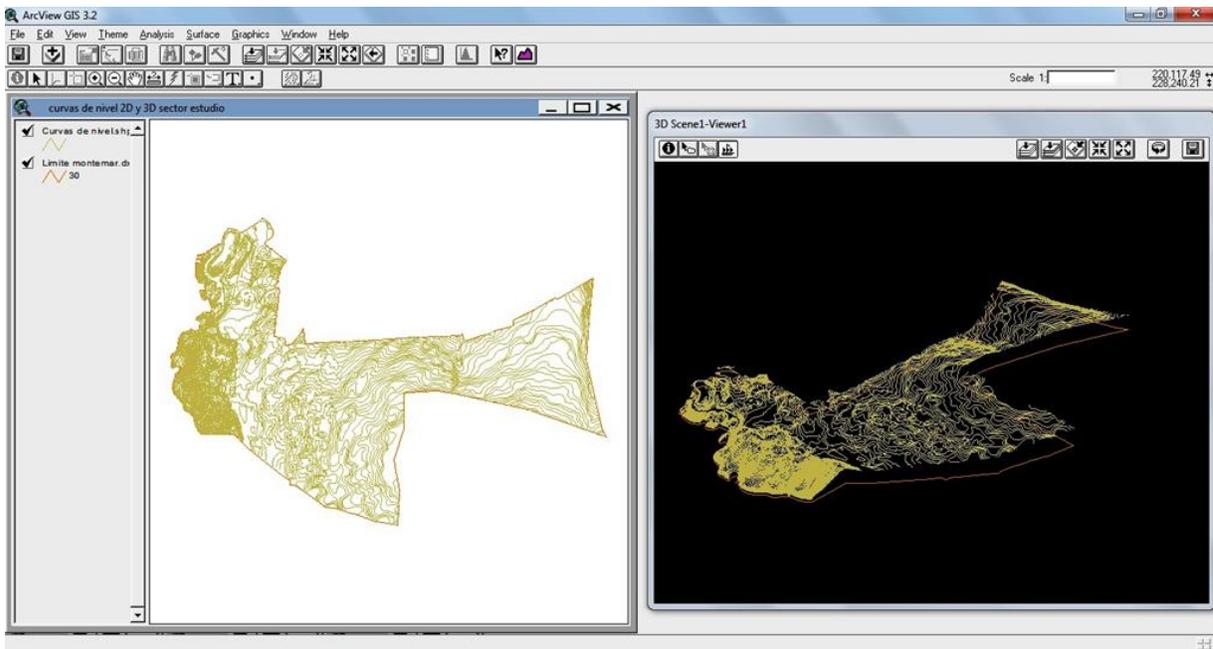


Figura 5.2 - Curvas de nivel sector Montemar. A la izquierda representadas en 2D y a la derecha la representación en 3D. Fuente: Elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

Luego se integra al software la información de la ubicación de las exploraciones realizadas, de las cuales ciento noventa y tres (193) corresponden calicatas, veintinueve (29) a sondajes SPT y ochenta (80) a sondajes CPT. Estos datos se trabajan en 3D por lo que además de su ubicación se ha incluido la cota de terreno a la que posiblemente fue realizado el ensayo, aclarando que en la mayoría de los casos esta información no estaba especificada en los informes de mecánicas de suelo por lo que esta se obtuvo utilizando los datos de curvas de nivel utilizados en la figura 5.2. La ubicación de los trescientos dos (302) puntos de exploración se visualiza en la figura 5.3.

Para el análisis de suelo en 3D de estos datos se trabaja con los puntos que representan a calicatas y a SPT mediante la creación de superficies en las que se unen todos los puntos que cumplen con las mismas características de suelo. Al unir los puntos que representan a los pozos de exploración se crea una superficie de análisis de suelo como se muestra en el cuadrado dos (2) de la figura 5.4, la que no abarca todo el límite que se ha demarcado para estudio debido a la falta de exploraciones en ciertas zonas. Principalmente la zona que queda fuera de la superficie de análisis de suelo es la que pertenece al campo dunar, que como se menciona antes, es una zona protegida.

### 5.1.2.- Superficies de estratigrafía según sistema USCS

Se incorpora los datos disponibles de la estratigrafía de cada pozo de exploración de acuerdo a la clasificación USCS de la tabla 4.3. Al igual que en caso anterior, se ha creado superficies con los puntos que contienen la misma clasificación para obtener el área de influencia de las propiedades que posee el suelo de fundación en cierta zona. Como se menciona en el acápite 4.2.2 y de acuerdo al análisis de la tabla 4.3, se obtiene que en el sector es posible encontrar suelos clasificados como SP (figura 5.5), SP-SM (figura 5.6), SM (figura 5.7), SC (figura 5.8), SC-SM (figura 5.9) y CL, GM-GC, SW mostrados estos tres (3) últimos en la figura 5.10, pues con estos datos no ha sido posible crear la superficie de influencia ya que solo se presentan en uno o dos pozos. Desde la figura 5.5 a la 5.9 se sigue el mismo formato utilizado en la figura 5.4.

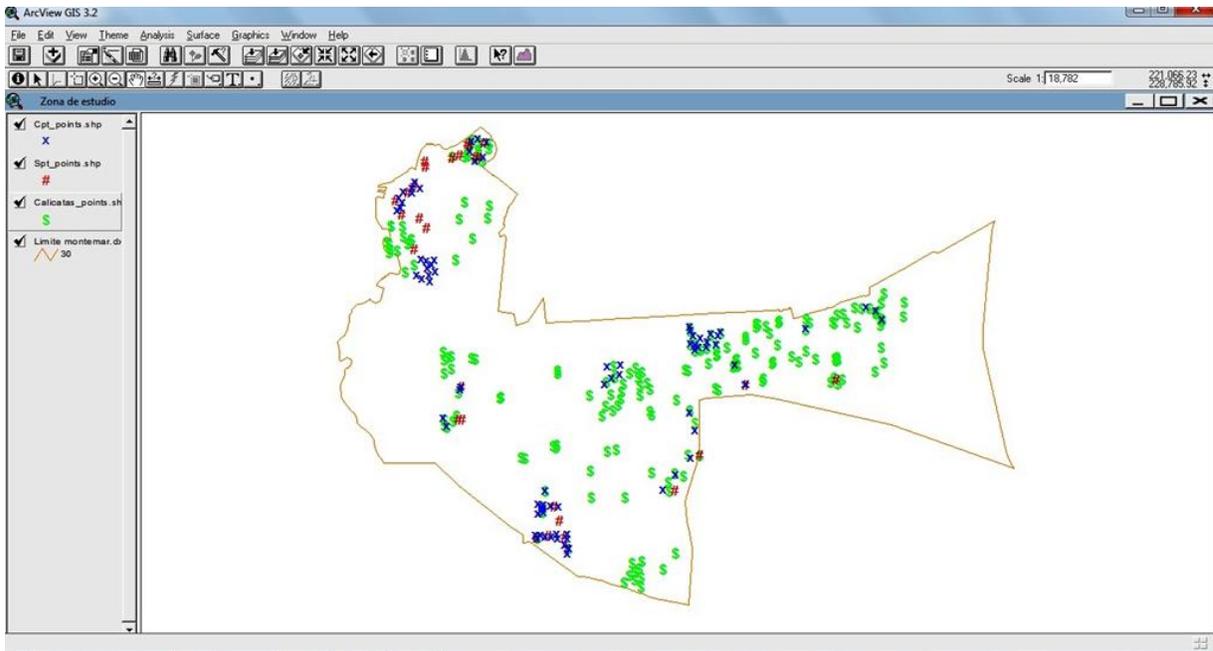


Figura 5.3 - Ubicación pozos de exploración. Con color verde y símbolo \$ puntos que representan calicatas, con color rojo y símbolo # puntos que representan sondaje SPT y con color azul y símbolo X puntos que representan sondaje CPT. Fuente: Elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

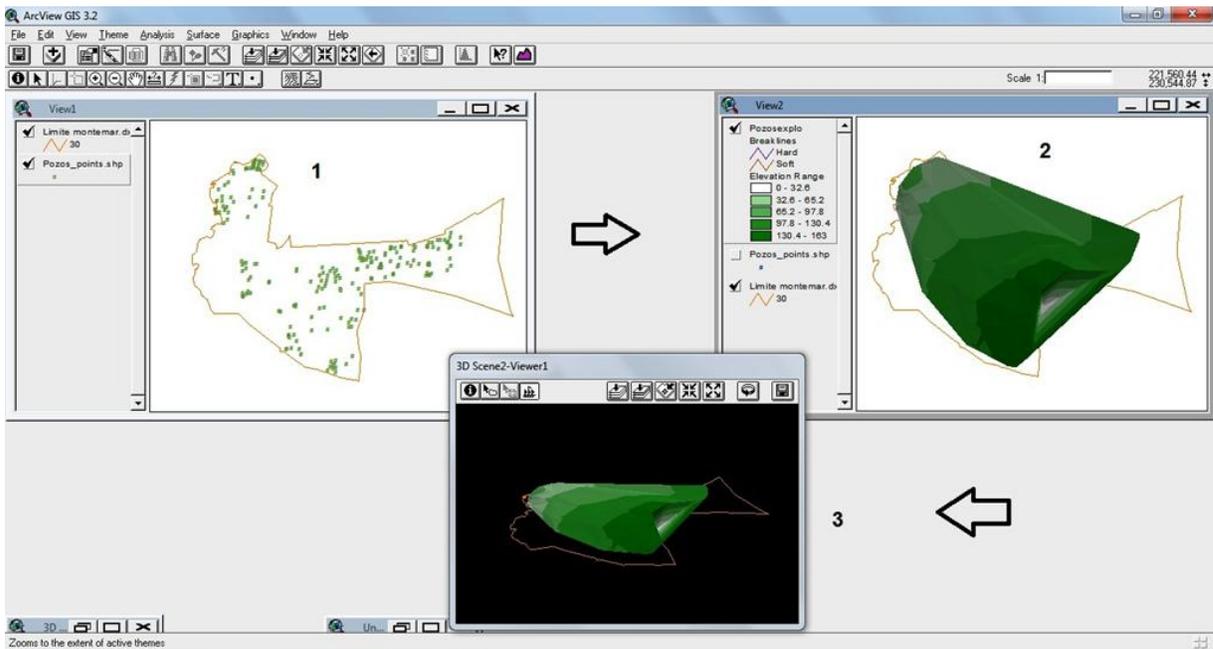


Figura 5.4 - Superficie de análisis de suelo formada con los puntos que representan calicatas y sondajes SPT. El cuadro 1 muestra los pozos de exploración disponibles, el cuadro 2 muestra la superficie creada en la cual cada color representa un rango de cotas de nivel s.n.m (mientras más oscuro el color es mayor la altura) y el cuadro 3 como se ve la superficie en 3D. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

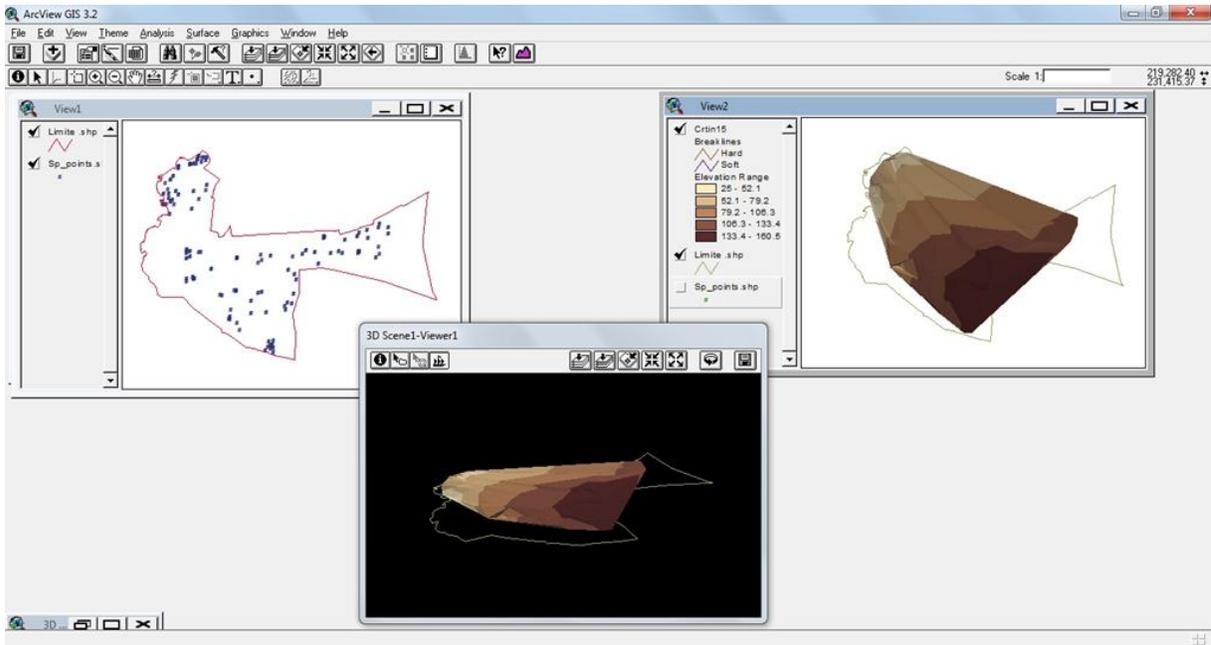


Figura 5.5 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP en sistema USCS. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

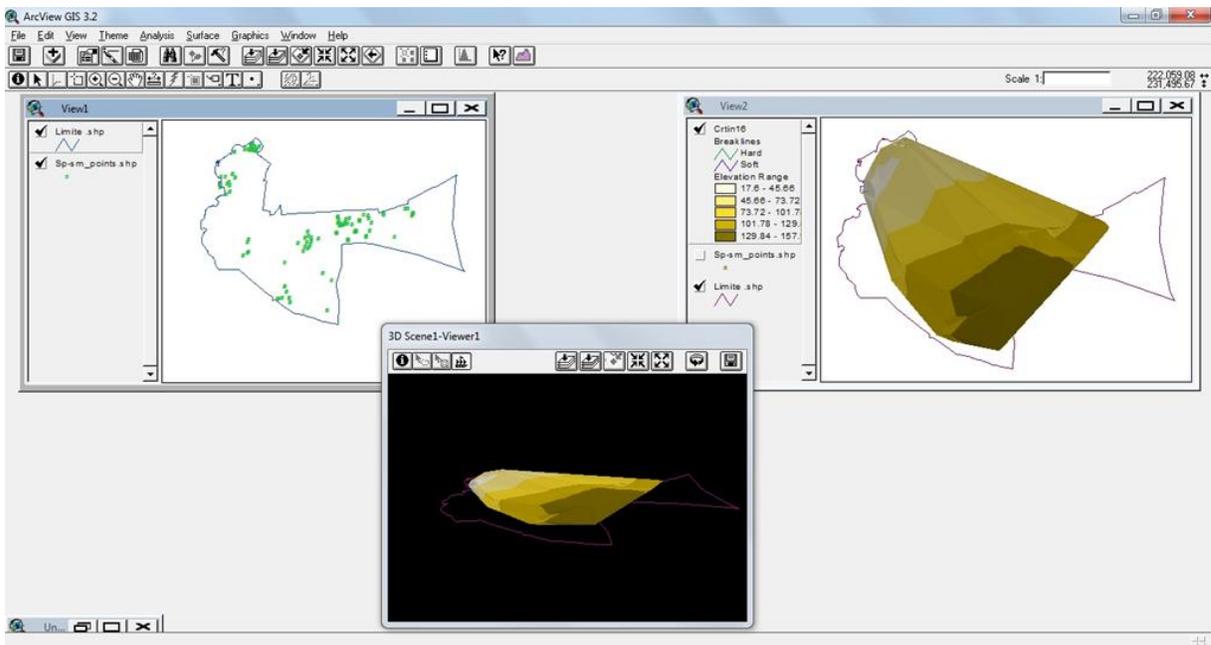


Figura 5.6 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP-SM en sistema USCS. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

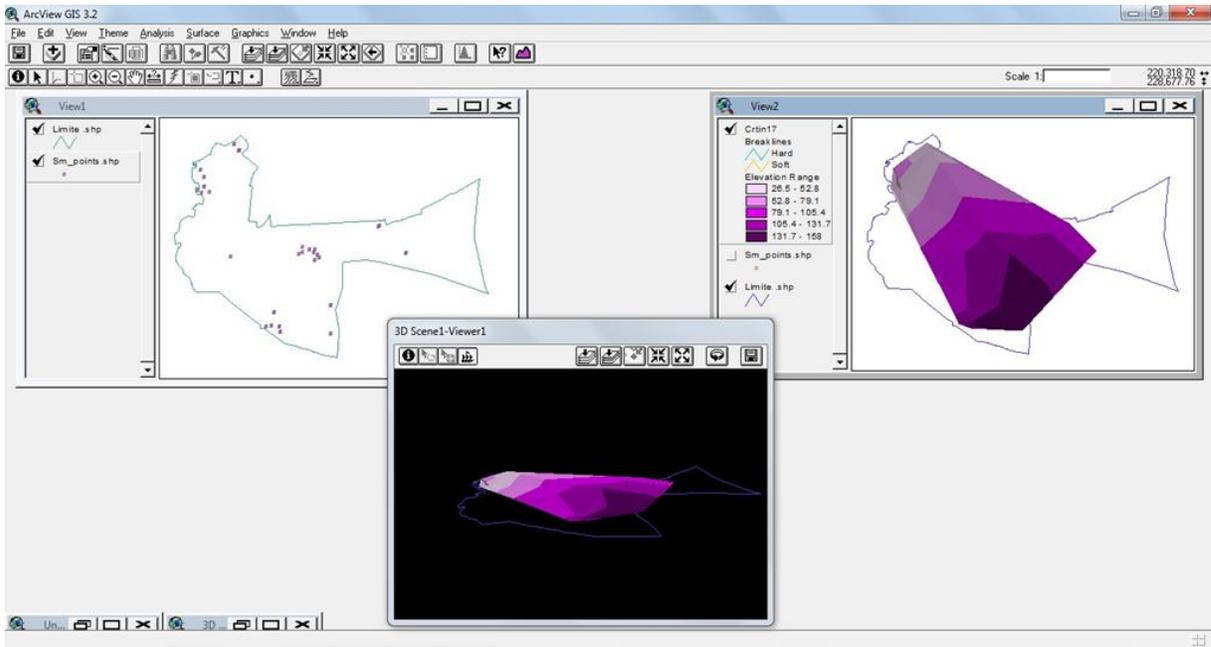


Figura 5.7 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM en sistema USCS. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

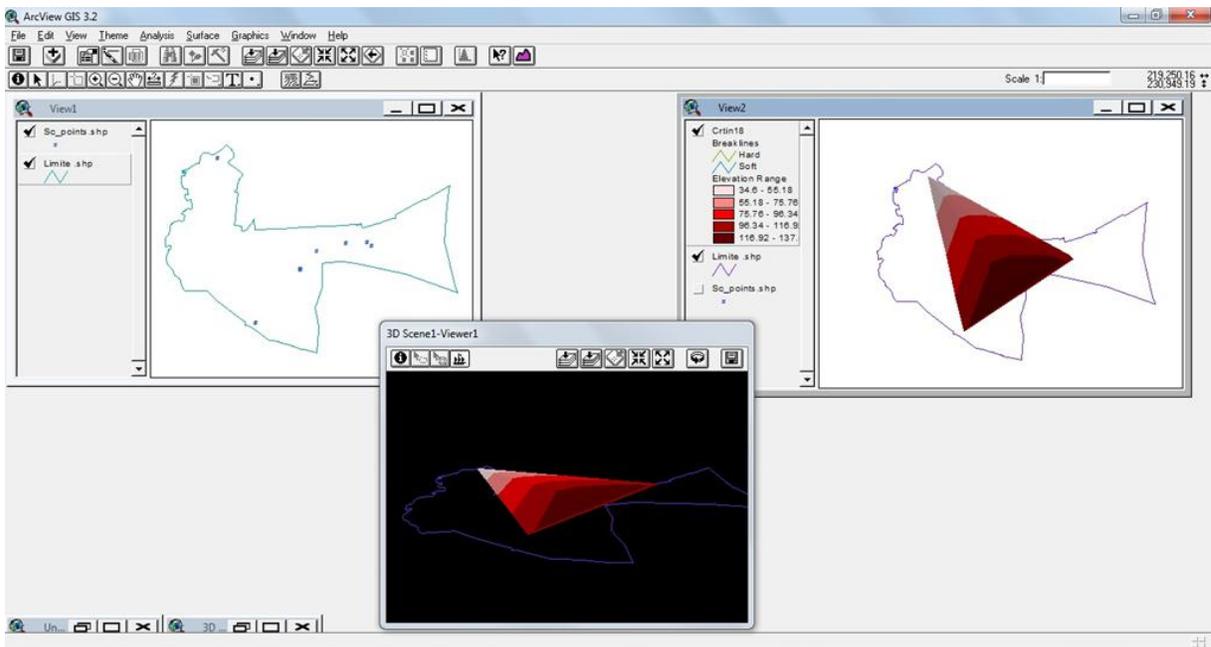


Figura 5.8 - Superficie de análisis de suelo clasificado SC en sistema USCS. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

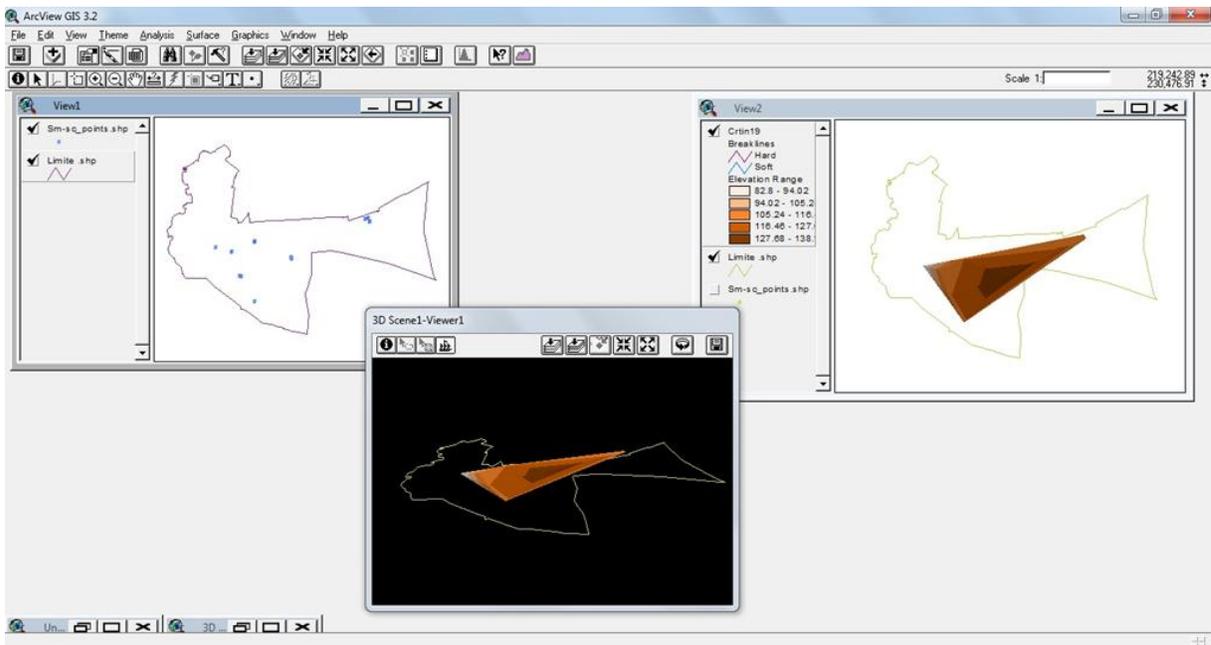


Figura 5.9 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM-SC en sistema USCS. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

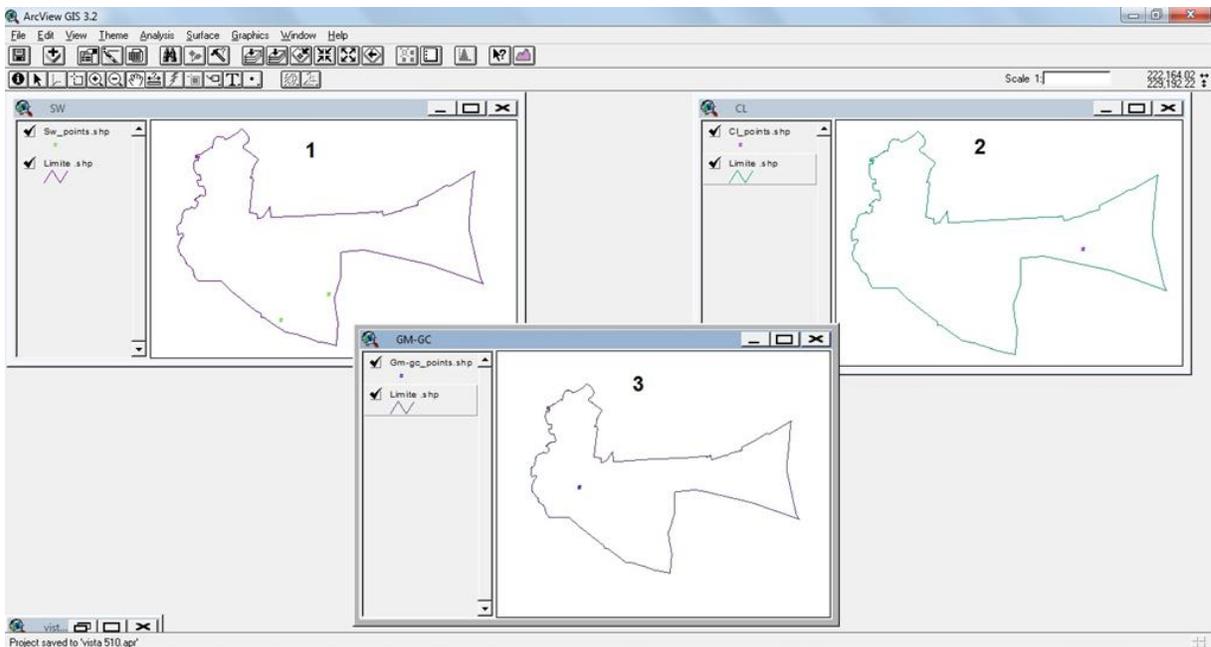


Figura 5.10 - Superficie de análisis de clasificada SW, CL Y GM-GC. El cuadro 1 muestra los pozos de exploración que presenta suelo SW, el cuadro 2 muestra los pozos de exploración que presentan suelo CL y el cuadro 3 muestra los pozos de exploración que presentan suelo GM-GC. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

En el ingreso de datos se ha considerado la presencia de roca y de suelo tipo relleno, pues aunque estos no entran en la clasificación USCS influyen también en la investigación para determinar los suelos de fundación. Los resultados se muestran con el mismo formato de la imagen 5.4. La superficie de influencia de la roca se muestra en la figura 5.11 y la superficie del suelo de relleno se muestra en la figura 5.12.

Se ha considerado además que la tabla 4.2 menciona presencia de raíces y raicillas, por lo que esta condición también fue incluida para el análisis del suelo. Los suelos afectados por capa vegetal o presencia de raíces y raicillas son del tipo SP (figura 5.13), SP-SM (figura 5.14) y SM (figura 5.15).

### 5.1.3.- Confección perfiles longitudinales y transversales

Las superficies estratigráficas creadas en el acápite 5.1.2 se analizan con la extensión *Surface Tools* contenida en el software Arcview 3.2, obteniéndose los perfiles que representan la elevación de cada una de estas. Luego se utiliza el software Autocad civil 3D 2010 para unir cada uno de estos perfiles y representar gráficamente la posible estratigrafía presente en el sector de estudio.

Se ha confeccionado un total de veinte (20) perfiles de estratigrafía, de los cuales cinco (5) son perfiles longitudinales y quince (15) corresponden a perfiles transversales. La representación del tipo de suelo detectado en ellos se ha realizado utilizando la simbología gráfica que entrega la NCh1508 of 2008 que se muestra en la figura 5.16 e incluyendo nueva simbología para evitar confusión.

Los perfiles se presentan en el Anexo 1 y se trazaron tomando de forma óptima el máximo de puntos de exploración posibles, su distribución es la que se indica en la figura 5.17.

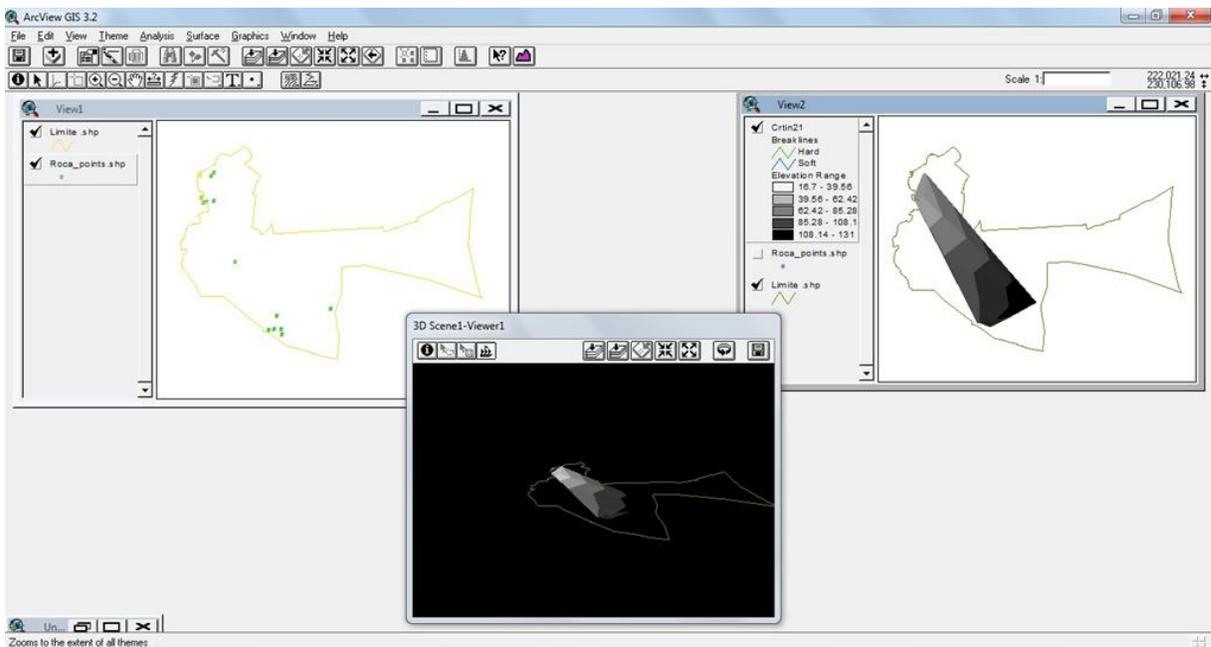


Figura 5.11 - Superficie de análisis de suelo clasificado como roca. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

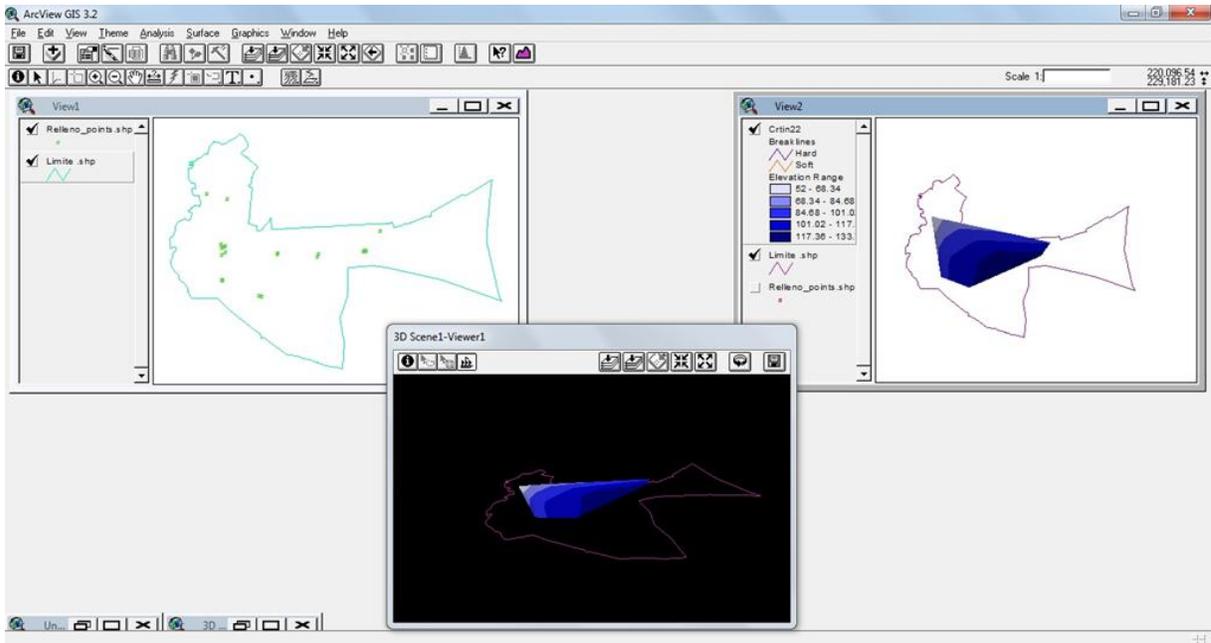


Figura 5.12 - Superficie de análisis de suelo clasificado como relleno. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

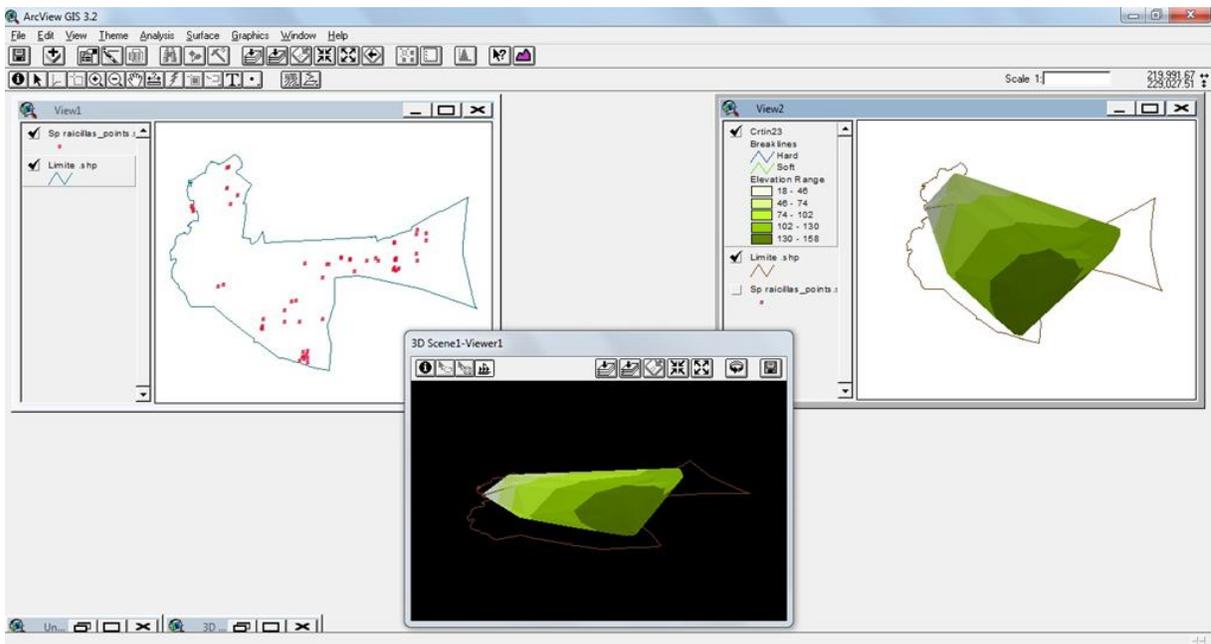


Figura 5.13 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

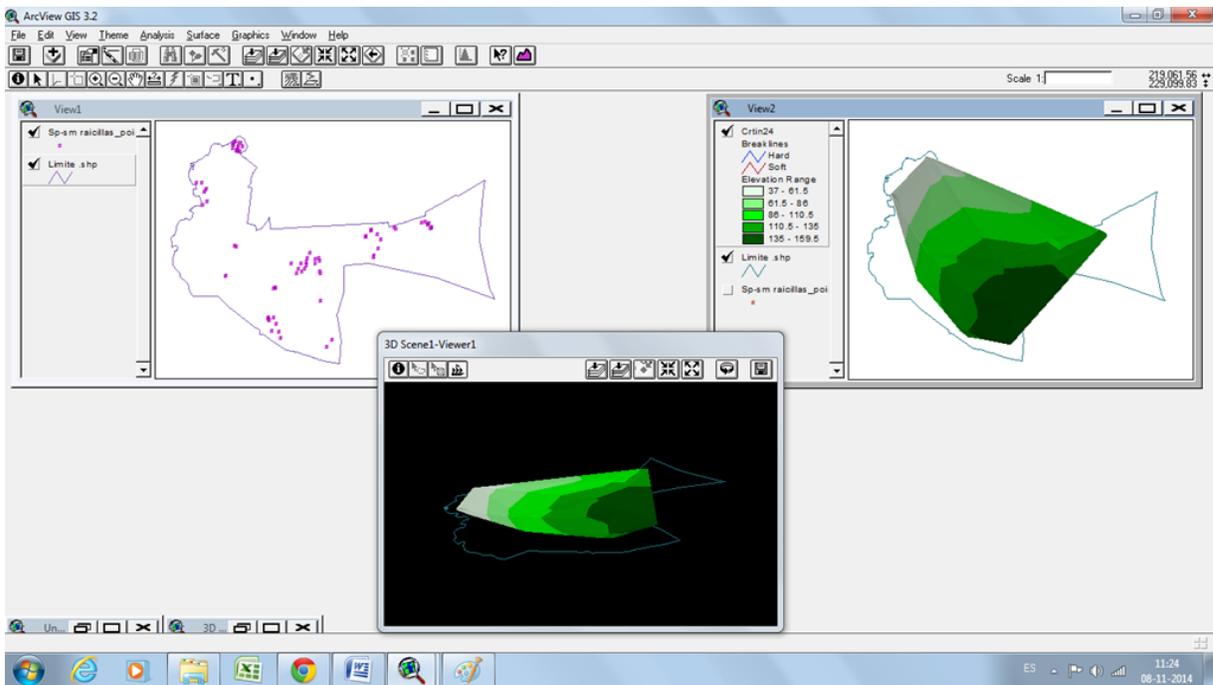


Figura 5.14 - Superficie de análisis de suelo clasificado SP-SM en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

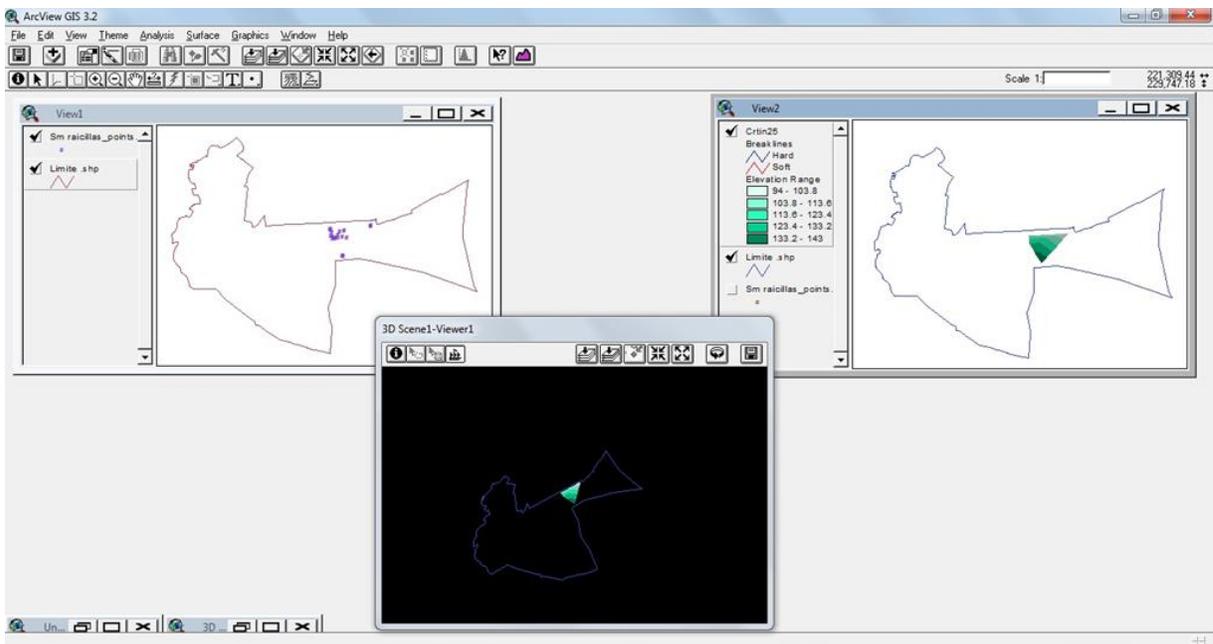


Figura 5.15 - Superficie de análisis de suelo clasificado SM en sistema USCS pero con presencia de raíces y raicillas. Fuente: elaboración propia utilizando software Arcview 3.2.

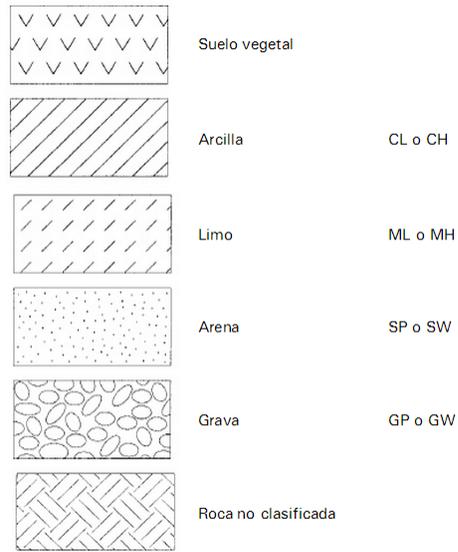


Figura 1 - Simbología gráfica para la representación de los suelos

Figura 5.16 - Simbología gráfica para la representación de suelos. Fuente NCh1508 of 2008.

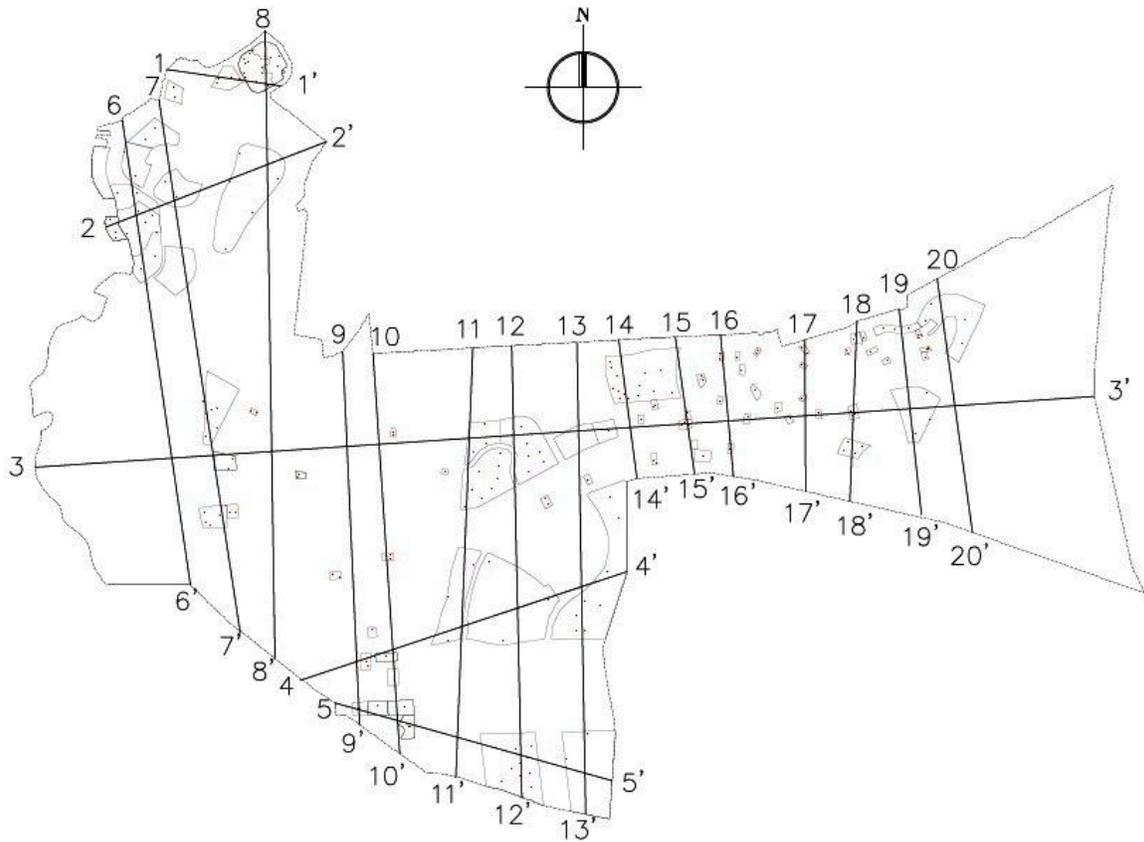


Figura 5.17 - Trazado de perfiles en área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.4.- Análisis de ensayos CPT y SPT

La información entregada en las mecánicas de suelos respecto a los ochenta (80) sondajes de cono dinámico (CPT) realizados en el área de estudio se presenta en el Anexo 2 como una tabla en la que se identifica el número del subsector, el número de la calicata y el número de golpes necesarios para bajar una profundidad de 30 cm.

La información de los veintinueve (29) sondajes SPT se presenta en el Anexo 3 como una tabla en la que se identifica el subsector, el número del sondaje, el rango de profundidad en metros en que se midió el número de golpes y el número total (Nt) de golpes para que la barra descienda la profundidad indicada.

Normalmente esta información se presenta en un gráfico de profundidad v/s N° golpe, pero para el caso de esta investigación se ha traspasado la información de profundidad y número de golpe al software Arcview 3.2 y se han realizado perfiles de densificación del suelo.

Los perfiles de densificación se han realizado utilizando la misma metodología aplicada en el acápite 5.1.2 (creando superficies) y en el acápite 5.1.3 (utilizando extensión *Surface Tools*) y utilizando el mismo trazado de perfiles propuesto en la figura 5.17 para poder realizar comparaciones de tipo de suelo y compacidad, dejando fuera a aquellos que no traspasaban el sector que contenía los ensayos de CPT. Los perfiles analizados corresponden al 1-1', 3-3', 4-4', 5-5', 7-7', 8-8', 9-9', 10-10', 13-13', 14-14', 15-15', 17-17' y 19-19', y se adjuntan en el Anexo 4.

Como la información presentada anteriormente demuestra que el suelo del área de estudio está compuesto por arenas, el análisis de compacidad se realiza utilizando la tabla de densidad relativa de arenas de acuerdo con los resultados de ensayos normales de penetración propuesta por Terzaghi [1963] y que es posible apreciar en la figura 5.18.

N° de golpes N	Densidad relativa
0 a 4	Muy suelta
4 a 10	Suelta
10 a 30	Medianamente densa
30 a 50	Densa
Mayor de 50	Muy densa

Figura 5.18 – Tabla de densidad relativa de arenas de acuerdo con los resultados de los ensayos normales de penetración. Fuente: Terzaghi, 1963.

La tabla de la figura 5.18 fue propuesta para resultados obtenidos mediante ensayo SPT, por lo tanto los resultados de CPT deben ser calibrados o interpolados para la interpretación de resultados, lo que en este caso por efectos prácticos no se realiza y se mantiene los resultados propuestos en la tabla para mantener una uniformidad de datos en la ejecución de los perfiles de densificación del suelo.

#### 5.1.4.1.- Arena muy suelta

Esta superficie se presenta en Costa de Montemar abarcando una superficie de tamaño pequeño y en Mirador de Montemar y Lomas de Montemar abarcando también una superficie de poco tamaño.

Esta capa se presenta en la superficie de los perfiles de densificación 1-1', 4-4', 8-8' y 10-10', con espesores que varían entre 0,05 y 1,3 metros, siendo 1,3 metros la máxima profundidad hasta la cual se puede encontrar (perfil densificación 4-4') en Mirador de Montemar.

La superficie que abarca en la zona de estudio se presenta en la figura 5.19, en la que además se puede apreciar la profundidad a la que es posible encontrarla.

#### **5.1.4.2.- Arena suelta**

Esta capa se presenta en todos los perfiles de densificación, por lo que se obtiene una superficie que abarca prácticamente toda el área de estudio como se muestra en la figura 5.20. Es posible encontrarla desde la cota de terreno hasta profundidades de 4 (perfil densificación 4-4') y 4,6 metros (perfil densificación 3-3'), con espesores que varían entre 0,3 y 3,1 metros. El máximo espesor se visualiza en el perfil de densificación 15-15', ubicado en Lomas de Montemar y en el perfil 7-7' ubicado en Costa de Montemar.

#### **5.1.4.3.- Arena medianamente densa**

Esta capa se visualiza desde los perfiles de densificación 1-1' hasta el 15-15', no siendo observable en los perfiles 17-17' y 19-19' lo que hace pensar que esta condición no se presenta en las arenas hacia el Este en Lomas de Montemar.

El área de influencia de esta capa se muestra en la figura 5.21 con la profundidad a la que es posible encontrarla. Presenta espesores de capa entre 0,3 y 2,2 metros, obteniéndose mayores espesores en Costa de Montemar (entre 0,9 y 2,7 metros) como se observa en los perfiles de densificación 7-7' y 8-8'.

Es posible encontrar esta capa desde la cota de terreno en pequeños tramos hasta en profundidades entre 6,5 y 7,3 metros (perfil 3-3') en Lomas de Montemar, y en profundidades entre 3 y 5 metros en Pinares de Montemar y Mirador de Montemar (perfiles 4-4' y 5-5').

#### **5.1.4.4.- Arena densa**

Esta superficie se muestra en la figura 5.22 con la profundidad a la que es posible encontrarla, abarca prácticamente toda la zona de estudio pues se visualiza en todos los perfiles de densificación.

Esta capa en ocasiones puede visualizarse en la superficie del terreno en tramos pequeños y en profundidades de 0,7 y 2,1 metros en Lomas de Montemar (perfiles 13-13' al 19-19'), profundidades de 2,6 a 7,3 metros en Bosques, Pinares y Mirador de Montemar y profundidades de 1,7 a 8,5 metros en Costa de Montemar (perfiles 1-1', 7-7' y 8-8').

El espesor de la capa presenta variaciones entre 0,08 y 2,1 metros, presentando el mayor espesor en el perfil 15-15' que corresponde al sector Lomas de Montemar.

#### **5.1.4.5.- Arena muy densa**

Esta capa se visualiza en todos los perfiles de densificación, por lo que abarca casi toda la zona de estudio como se observa en la figura 5.23.

Esta capa se presenta en espesores que varían desde 0,8 hasta 7 metros, alcanzando el máximo espesor en el perfil de densificación 3-3' en Bosques de Montemar y es posible encontrarla a profundidades entre 0,8 y 2,9 metros en Lomas de Montemar (perfiles de densificación 13-13' al 19-19'), en profundidades de 0,9 hasta 3,4 metros en Bosques, Pinares y Mirador de Montemar (perfiles 4-4', 5-5', 9-9' y 10-10') y a profundidades entre 1,8 y 6,7 metros en Costa de Montemar (perfiles 1-1', 7-7' y 8-8').

### **5.2.- Horizontes definidos**

De acuerdo a la metodología de análisis de la información descrita anteriormente, se determina los diferentes estratos que en profundidad conforman el suelo de fundación del área de estudio.

Para el caso específico de esta investigación se define horizonte como la unidad compuesta por diversos estratos que contienen características similares para ese horizonte y estrato como la subunidad que representa un tipo de suelo de los clasificados según el sistema USCS.

Al observar los perfiles estratigráficos realizados (Anexo 1), las características del subsuelo permiten definir claramente 3 horizontes. El primer horizonte está compuesto por capa vegetal y suelos del tipo arenas mal graduadas (SP) y arenas limosas mal graduadas (SP-SM) con presencia de raíces y raicillas de compacidad muy suelta a medianamente densa, el segundo horizonte está compuesto por arenas del tipo mal graduadas, limosas y arcillosas en estratos bien definidos entre sí de compacidad medianamente densa a muy densa y el tercer horizonte compuesto por roca de tipo gneis.

#### **5.2.1.- Horizonte 1**

El primer horizonte que se presenta en todos los perfiles estratigráficos estudiados está compuesto por capa vegetal y estratos de arenas finas mal graduadas (SP) o arenas finas limosas mal graduadas (SP-SM) con alta presencia de raíces y raicillas, siendo estos últimos los más predominantes.

Este horizonte presenta espesores de capa que varían desde 0,2 hasta 8 metros. El sector Costa de Montemar es el que destaca los espesores más amplios según se aprecia en los perfiles 1-1' (con espesor cercano a 3 metros), 2-2' (con una capa de espesor cercano a 6 metros) y 6-6' que presenta un espesor cercano a 8 metros. Los espesores disminuyen de tamaño a medida que se avanza en dirección sureste presentando en el sector Bosques de Montemar espesores entre 0,7 y 2,5 metros (perfil 3-3' y 10-10'), en Pinares de Montemar espesores entre 0,8 y 1,8 metros (perfil 4-4' y 10-10'), en Mirador de Montemar espesores entre 0,5 y 3,5 metros (perfil 5-5', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12', 13-13') y en Lomas de Montemar espesores entre 0,5 y 2 metros (perfil 14-14', 15-15', 16-16', 17-17', 18-18', 19-19' y 20-20').

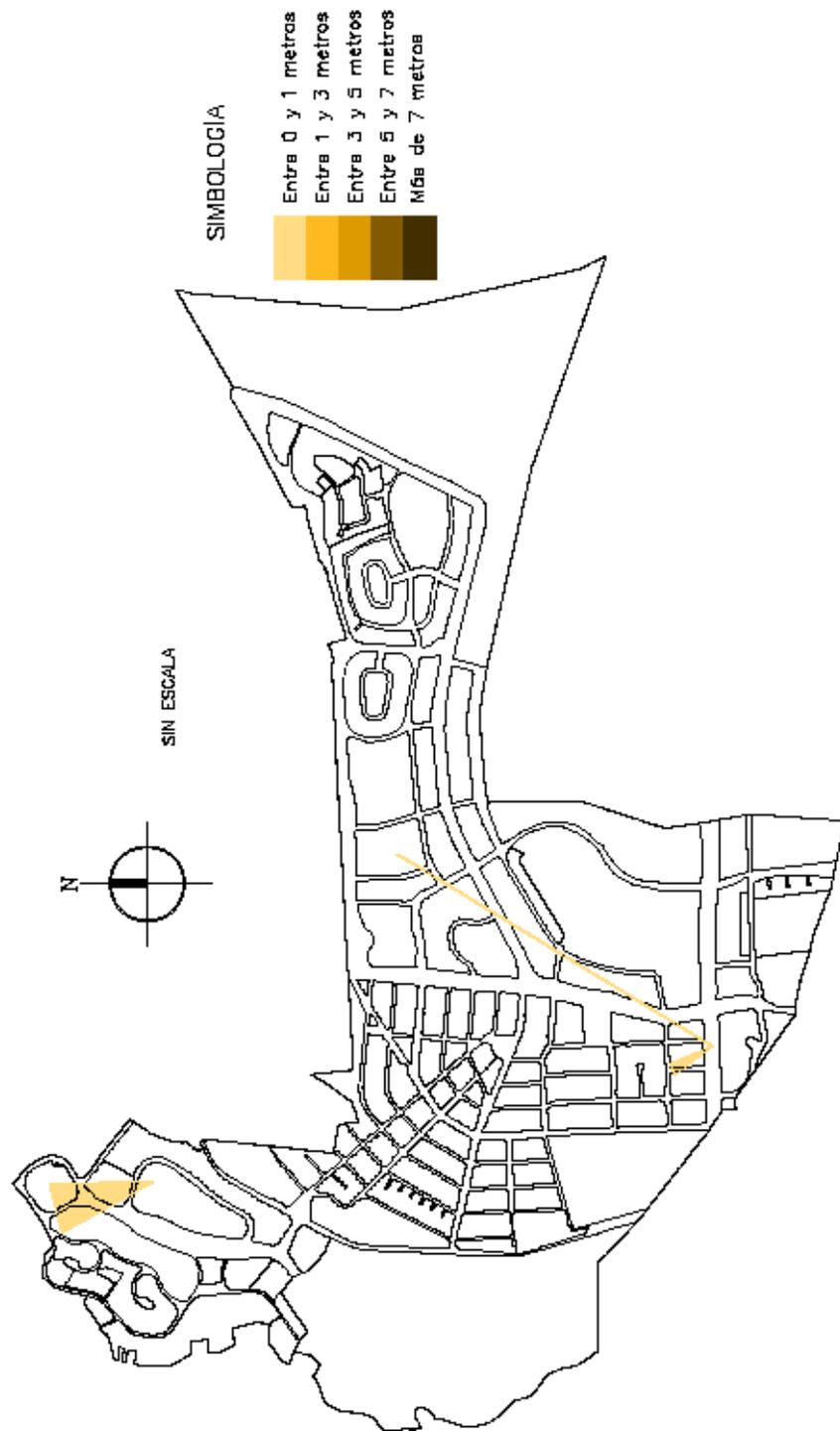


Figura 5.19 – Superficie de arena muy suelta en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla. Fuente: Elaboración propia.

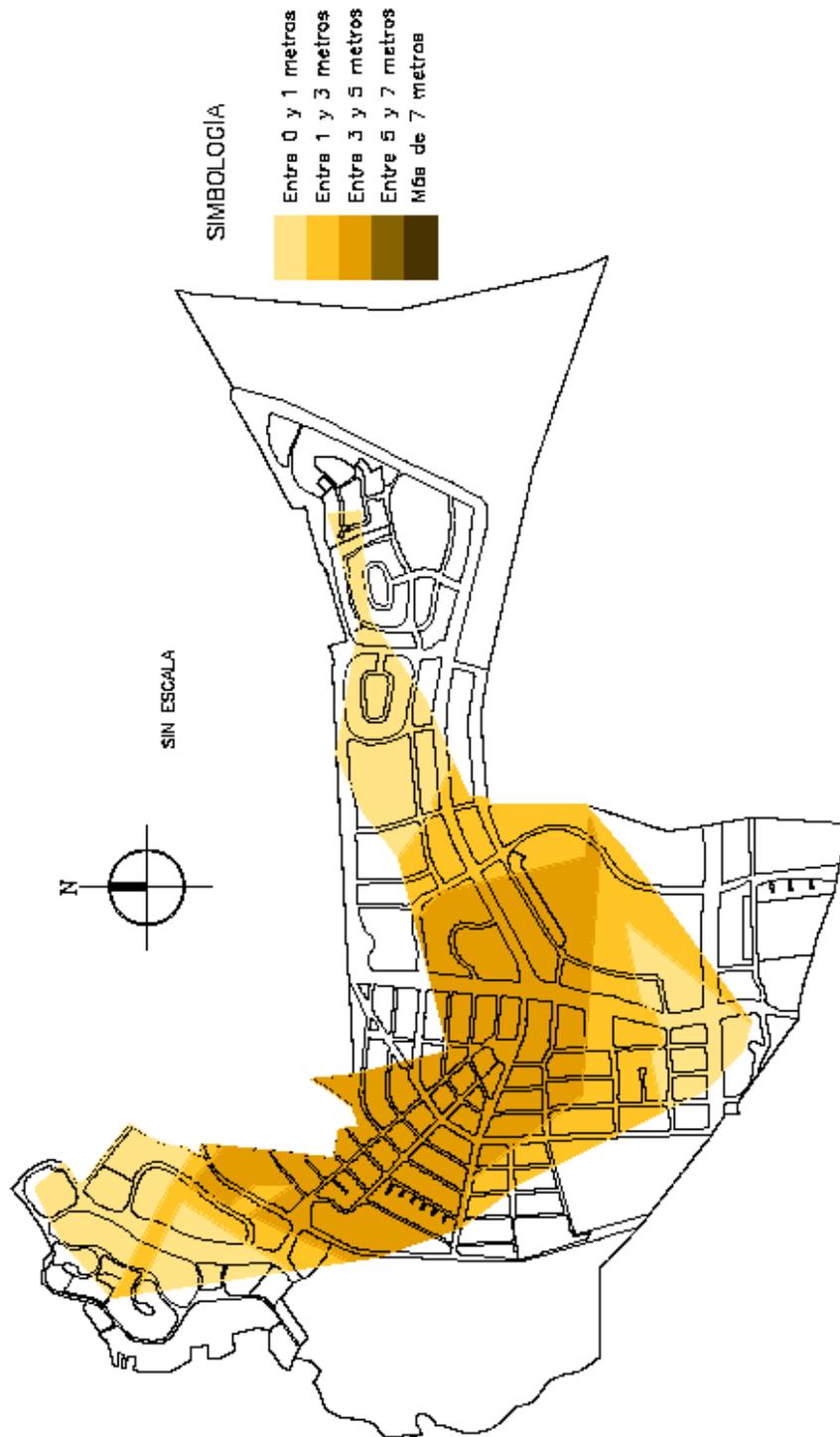


Figura 5.20 – Superficie de arena suelta en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla. Fuente: Elaboración propia.

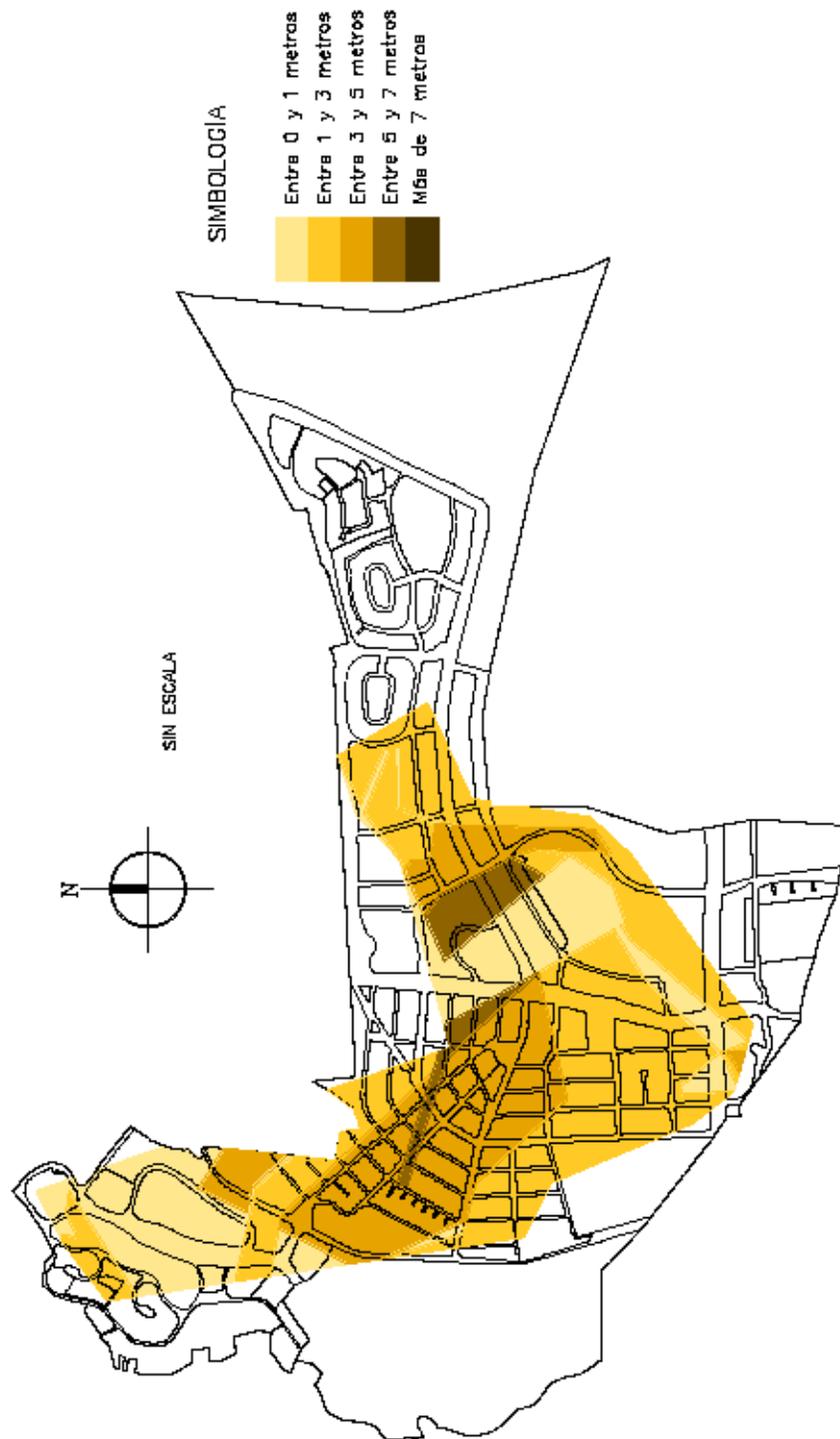


Figura 5.21 – Superficie de arena medianamente densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla. Fuente: Elaboración propia.

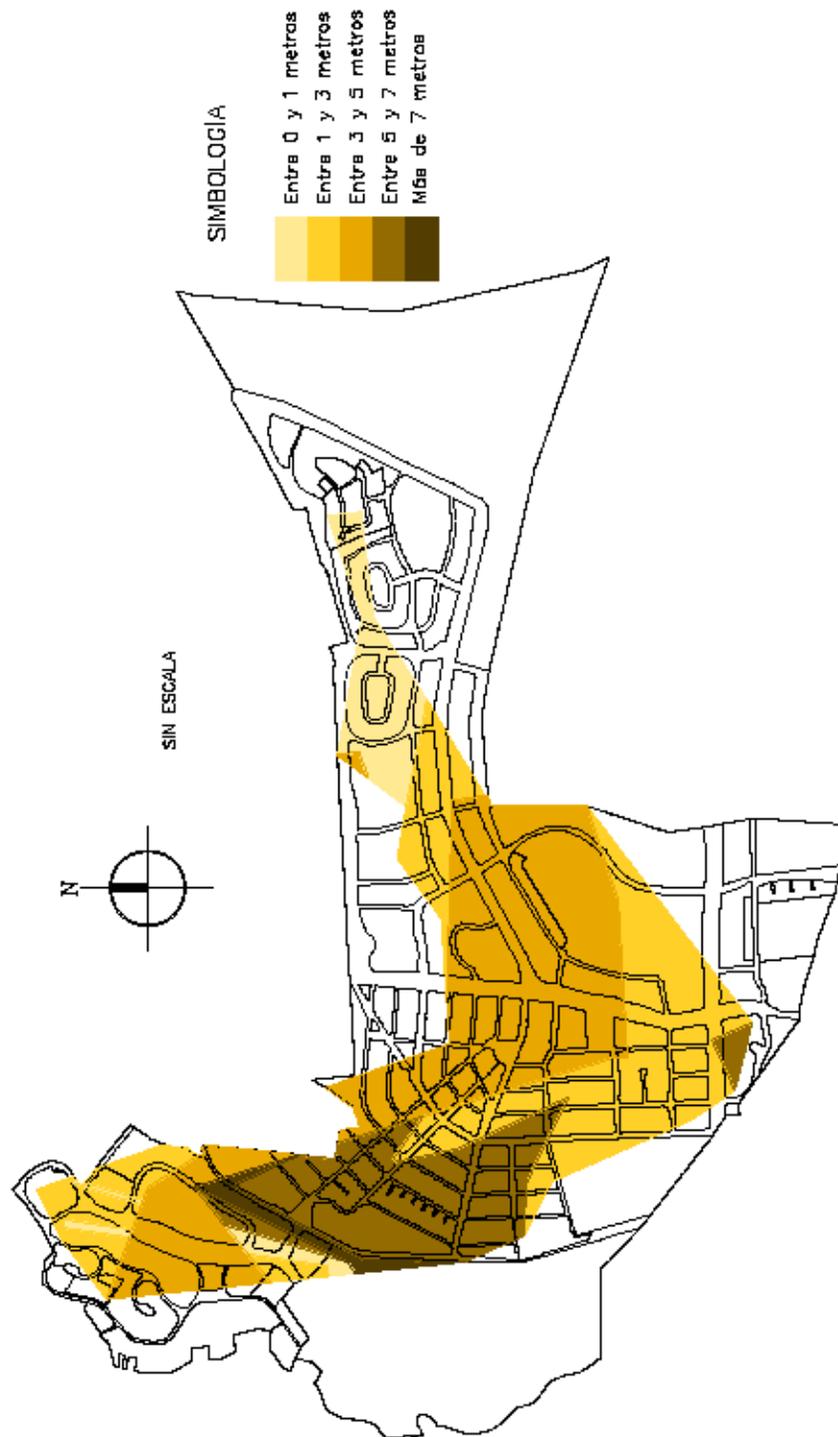


Figura 5.22 – Superficie de arena densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla. Fuente: Elaboración propia.

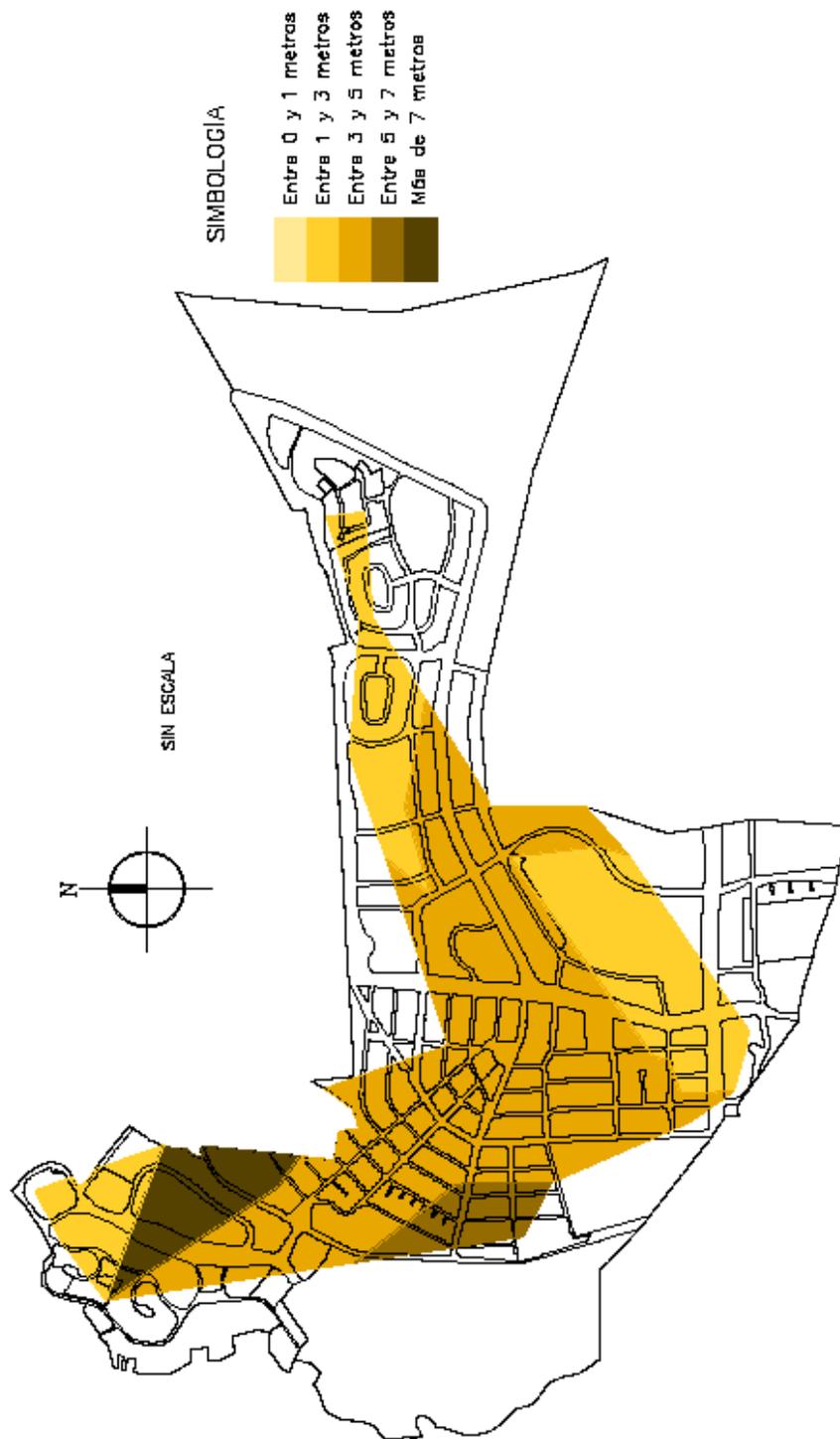


Figura 5.23 – Superficie de arena muy densa en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarla. Fuente: Elaboración propia.

### **5.2.2.- Horizonte 2**

Este horizonte está compuesto por arenas finas del tipo limosas y arcillosas, las que son posibles de distinguir en los perfiles compuestos por los datos de exploraciones de mayor profundidad (perfiles 3-3', 4-4', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12', 13-13', 14-14', 15-15' y 16-16').

En el horizonte se distingue estratos de suelos clasificados en el sistema USCS como SP (arenas mal graduadas), SM (arenas limosas), SC (arenas arcillosas) y estratos en que se han mezclado las composiciones y que se clasifican como SP-SM y SM-SC.

El estrato de arenas mal graduadas se encuentra más cercano a la superficie y presenta los mayores espesores en el sector de Costa de Montemar, en donde alcanzan profundidades de más de 20 metros como se aprecia en los perfiles 2-2', 6-6' y 8-8'.

El siguiente estrato es la arena limosa mal graduada y es posible encontrarla bajo el estrato antes mencionado e incluso en la superficie. Se manifiesta en toda la superficie de estudio y también presenta espesores amplios que pueden incluso superar los 20 metros, principalmente en Costa de Montemar.

Estos estratos son bastante homogéneos y presentan la ventaja de que a medida que aumenta la profundidad, aumenta su compacidad y presentan rechazo a pocas profundidades de acuerdo a los datos del cono dinámico (Anexo 2 y 4), por lo que los sellos de fundación pueden determinarse a poca profundidad.

Bajo estos estratos se encuentra una arena limosa de amplios espesores (entre 17 y 20 metros) y observable en la mayoría de los perfiles, abarcando casi la totalidad del área de estudio.

Entre los tres estratos antes mencionados y principalmente en el sector de Lomas de Montemar se encuentran dos estratos que presentan material arcilloso, las denominadas arenas arcillosas y arenas limo arcillosas con espesores mayores a 15 metros. Estos estratos se presentan también en la superficie como se aprecia en el perfil 3-3', 12-12', 16-16' y 18-18'.

### **5.2.3.- Horizonte 3**

El último horizonte está compuesto por roca de tipo gneis sano y/o fracturado y actúa como soporte de los horizontes antes mencionados.

La información respecto a este horizonte es escasa pues se detecta en las exploraciones con menor frecuencia debido a que se encuentra a una profundidad mayor a 25 metros y por lo tanto es posible identificarla simplemente como una línea en los perfiles 2-2', 3-3', 4-4', 5-5', 6-6', 7-7', 8-8', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12' y 13-13'.

## **5.3.- Tipos de suelos y sus espesores**

Definidos los horizontes presentes en el sector Montemar, en este acápite se determinan los límites y espesores de los estratos de los tipos de suelos que los componen.

A pesar de que en el acápite 5.1.2 se ha creado las superficies de los estratos de suelo y que el software Arcview 3.2 nos permite conocer la variación de altura de dicha superficie, es incorrecto utilizarla para determinar los espesores del estrato debido a que solo une los puntos que presentan la misma característica siendo posible que las cotas de nivel de la superficie creada no coincidan con las cotas de nivel del terreno, por lo que se realiza este análisis con los perfiles estratigráficos obtenidos del Anexo 1.

En los cinco (5) perfiles estratigráficos longitudinales y los quince (15) perfiles estratigráficos transversales es posible observar siete (7) estratos bien definidos de espesor y composición variable, aunque debido a la poca profundidad de las exploraciones realizadas en algunos sectores no todos los perfiles permiten apreciar todos los estratos. Estos estratos corresponden a rellenos, arenas y roca, siendo las arenas las de mayor espesor y extensión.

### **5.3.1.- Arenas finas mal graduadas (SP)**

Abarcan prácticamente toda el área de estudio, es posible encontrarlas desde la superficie con espesores que abarcan los 20 metros en el sector Costa de Montemar como se aprecia en los perfiles 2-2' y 7-7', hacia el sector Bosques de Montemar el espesor disminuye a entre 1 y 7 metros como se ve en los perfiles 11-11', 12-12' y 13-13' y siguiendo hacia el Este (sector Lomas de Montemar) el espesor aumenta nuevamente y es mayor a 15 metros según los perfiles 16-16' y 17-17'.

Este estrato presenta en ciertas áreas presencia de materia orgánica compuesta por raíces y raicillas con profundidades de entre 1 y 4 metros (lo que correspondería a dunas estabilizadas), y es interrumpida en ocasiones por el estrato de arena fina limosa (perfil 8-8').

Son arenas en que el porcentaje de finos que pasa por la malla #200 es menor a 5%, no presentan plasticidad, y según los perfiles de compacidad del Anexo 4 presentan una compacidad que aumenta a medida que aumenta la profundidad del estrato, encontrando arenas sueltas, de mediana densidad y de densidad alta a muy alta. Es posible encontrar arenas muy densas a dos metros de profundidad como se ve en el perfil 1-1' o entre 4 y 5 metros como indica el perfil 7-7' y el perfil 3-3'.

Como suelo de fundación su valoración aumenta a medida que aumenta la densificación pues así presentara menos posibilidades de asentamientos en la estructura.

Este estrato será llamado en adelante como E-1 y la superficie abarcada con la variación de la profundidad a la que es posible encontrarlas se observa en la figura 5.24.

### **5.3.2.- Arenas finas mal graduadas limosas (SP-SM)**

Como se muestra en la figura 5.25, abarcan el área de la superficie de estudio en su mayoría. Es posible encontrarlas en la superficie y bajo la capa de E-1, siendo interrumpida en ocasiones como se ve claramente en el perfil 4-4'. Cuando se encuentra en la superficie es posible que presenten raíces y raicillas con espesores entre 0,8 y 5 metros e inclusive 8 metros como en el perfil 6-6'.

Este estrato presenta espesores variables entre 5 y 17 metros teniendo el máximo en el perfil 8-8' y 11-11'. Aunque parece que su espesor también disminuye a medida que se avanza hacia el Este, esta situación se puede deber a la poca profundidad de las calicatas realizadas hacia el sector de Lomas de Montemar.

Como capa superficial es posible encontrarlo en el sector Mirador de Montemar (perfiles 5-5', 9-9', 10-10', 11-11', 12-12' y 13-13') y los extremos norte y sur de los perfiles que abarcan el sector Lomas de Montemar y en menor cantidad en Costa de Montemar (perfil 6-6').

En cuanto a sus características, corresponde a una mezcla de arenas finas con arenas limosas cuyo porcentaje que pasa por el tamiz 200 se encuentra entre 5 y 12 % del total. Al igual que el estrato anterior su compacidad aumenta a medida que aumenta la profundidad, en el es posible encontrar arenas sueltas, de mediana a alta densidad y de alta a muy alta densidad. En el caso de aquel estrato ubicado bajo E-1 es esperable según perfiles de densificación que presente una compacidad muy alta.

Como suelo de fundación, al igual que en caso anterior depende del grado de compacidad. Este estrato será llamado en adelante como E-2.

### **5.3.3.- Material de relleno**

Este tipo de suelos aparece específicamente en el sector 14, el sector 51 y el sector 55 (aunque este último no se aprecia en los perfiles probablemente por la razón que se menciona al inicio de este subcapítulo). Es un tipo de suelo formado por mezclas de arenas con presencia de raíces, raicillas y escombros en el caso del sector 51 y compuesto por material gravo-arenoso, además de arenas arcillosas, una base estabilizada y presencia de tubos de PVC en el sector 14, estos podrían ser restos de alguna antigua construcción del sector.

La tabla 4.2 menciona además de estos, sectores en los que se realizaron rellenos, pero estos corresponden a suelos clasificables como SP, SP-SM y SM por lo que no se analizan específicamente en este acápite, pues ya han sido considerados en los acápites anteriores.

Este tipo de suelo se encuentra en la superficie y no es apto para fundar por lo que es conveniente su remoción.

En adelante se llama E-3 a este estrato y su área de influencia se aprecia en la figura 5.26.

### **5.3.4.- Arena limosa (SM)**

Este tipo de suelo se encuentra en su mayoría en el área de estudio y se ubica principalmente bajo E-2 aunque, según se aprecia en los perfiles estratigráficos 2-2', 8-8', 11-11' y 12-12', es posible encontrarlo en la superficie.

Este estrato presenta espesores variables, siendo el mayor cercano a 30 metros en el perfil 5-5', también espesores que varían entre 10 y 20 metros en aquellos perfiles en que es visible este estrato. En Lomas de Montemar es posible visualizarlo solo como una línea que representa el lugar en que debería empezar y su posible forma debido a la poca profundidad de las calicatas realizadas (perfil 14-14' al 17-17'). Aquellos perfiles en los que sí es visible permiten apreciar un estrato que presenta una forma más homogénea a diferencia de los antes mencionados.

Debido a la profundidad de este estrato, no es posible conocer en detalle la compacidad que presenta según los perfiles de densificación, aunque se podría asumir por lo indicado en el Anexo 3 que debe ser una densidad muy alta.

Este suelo se caracteriza porque el porcentaje de finos que pasa por el tamiz #200 es mayor al 12%, una cantidad mayor que en los anteriores (SP, SP-SM) y podría presentar nula o escasa plasticidad.

En adelante se llama a este estrato como E-4 y la superficie que abarca con la variación de la profundidad a la que es posible encontrarlas se presenta en la figura 5.27.

### **5.3.5.- Arena limo-arcillosa (SM-SC)**

Este estrato, según los perfiles estratigráficos realizados, se presenta en parte del sector Bosques de Montemar, en el sector Pinares de Montemar y en Lomas de Montemar. Los perfiles 3-3' 12-12' y 16-16' muestran que este estrato aparece en la superficie, aunque se ubica principalmente entre E-1 o E-2 y E-4 con espesores de 1 a 4 metros en el sector Bosques de Montemar (perfil 3-3' y 8-8'). Su espesor aumenta en el sector Pinares de Montemar entre 8 y 15 metros (perfiles 9-9' al 12-12') y disminuye a entre 5 y 8 metros al acercarse al sector Lomas de Montemar.

En cuanto a sus características, corresponde a una mezcla de arenas limosas con arenas arcillosas cuyo porcentaje de finos que pasa por el tamiz #200 es mayor a 12 % del total y presenta baja plasticidad.

La parte del estrato que se encuentra en la superficie cumple con lo indicado en los perfiles de densificación correspondientes y presenta una compacidad que aumenta con la profundidad. Para aquellos en que, por la profundidad del estrato, no es posible visualizar en los perfiles la compacidad se podría asumir por lo indicado en el Anexo 3 que deben presentar una densidad muy alta.

En adelante se llama a este estrato como E-5 y la superficie que abarca con la variación de la profundidad a la que es posible encontrarlas se presenta en la figura 5.28.

### **5.3.6.- Arenas arcillosas (SC)**

Este tipo de suelo se presenta en dos bloques, el primero se ubica hacia el Este en Costa de Montemar y el segundo se distribuye entre Bosques, Pinares y parte de Lomas de Montemar.

Los perfiles estratigráficos 14-14' y 16-16' muestran que, al igual que los estratos anteriores, se presenta en la superficie y es posible encontrarlo bajo E-1 o E-2 (perfil 3-3', 13-13', 14-14', 15-15'), entre E-5 y E-4 (perfil 4-4', 10-10', 11-11', 12-12') o bajo E-4 (perfil 9-9').

En el perfil 9-9', 10-10' y 15-15' presentan un espesor entre 11 y 16 metros siendo este el máximo espesor alcanzado, pues en el resto de los perfiles en que se aprecia el estrato el espesor varía entre 0,2 metros (perfil 11-11') hasta 1,5 metros (perfil 3-3').

Los suelos que presentan esta clasificación se caracterizan porque el porcentaje de finos que pasa por tamiz #200 es mayor a 12 y presenta baja plasticidad.

El estrato de la superficie debe cumplir con lo indicado en los perfiles de densificación correspondientes y presentar una compacidad que aumenta con la profundidad y para aquellos en que por la profundidad del estrato no se visualiza en los perfiles la compacidad, se podría asumir por lo indicado en el Anexo 3 que debe ser una densidad muy alta.

En adelante se llama a este estrato como E-6 y la superficie que abarca con la variación de la profundidad a la que es posible encontrarlas se presenta en la figura 5.29.

### **5.3.7.- Roca**

Este estrato está compuesto por roca del tipo gneis sano y/o fracturado y actúa como soporte de todos los estratos antes mencionados.

Si bien este tipo de suelo se detecta con menor frecuencia en las exploraciones (debido a la profundidad a la que se encuentra), los datos obtenidos permiten elaborar la superficie que se muestra en la figura 5.30, aunque este estrato debe estar presente en toda el área de estudio.

Los límites conocidos y apreciables como una línea simplemente en algunos de los perfiles estratigráficos están presentes en Costa de Montemar, Bosques de Montemar, Pinares de Montemar y parte de Mirador de Montemar y Lomas de Montemar.

Los datos que se pueden aportar sobre el estado de la roca es el que se ha descrito en los informes de mecánicas de suelos que sirven de sustento para esta investigación y que señalan en el subsector 2 una roca sólida de alta dureza, el subsector 7 presenta roca en estado de meteorización color gris con pigmentaciones de color verde y café de mediana a buena calidad, el subsector 17 define una roca maciza granítica, gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco, el subsector 22 la define como roca maciza tipo granito, gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco, en el subsector 26 se presenta una roca fracturada y en descomposición, en el subsector 28 se define como roca tipo granito tipo gneis ala de mosca de color blanco con pintas negras de bajo RQD, el subsector 29 presenta roca con características de maicillo color gris amarillento y verdoso con gravas aisladas, el subsector 30 presenta roca maciza tipo granito, gneis frágil y descompuesto de color gris blanquizco y finalmente el subsector 42 se define como manto macizo de roca granítica gneis tipo ala de mosca de color blanco negruzco.

### **5.3.8.- Napa subterránea**

En cuanto a la presencia de napa subterránea, esta solo ha sido detectada en la exploración realizada en el subsector 7 con fecha 10 de Julio de 2012 a una profundidad de 11 metros.

A pesar de que los perfiles estratigráficos permitan interpretar que al menos a una profundidad de 30 metros no es posible encontrar napas, es necesario recordar que muchas de las exploraciones realizadas alcanzan profundidades de 2 metros por lo que no es posible asegurar la no presencia de estas.

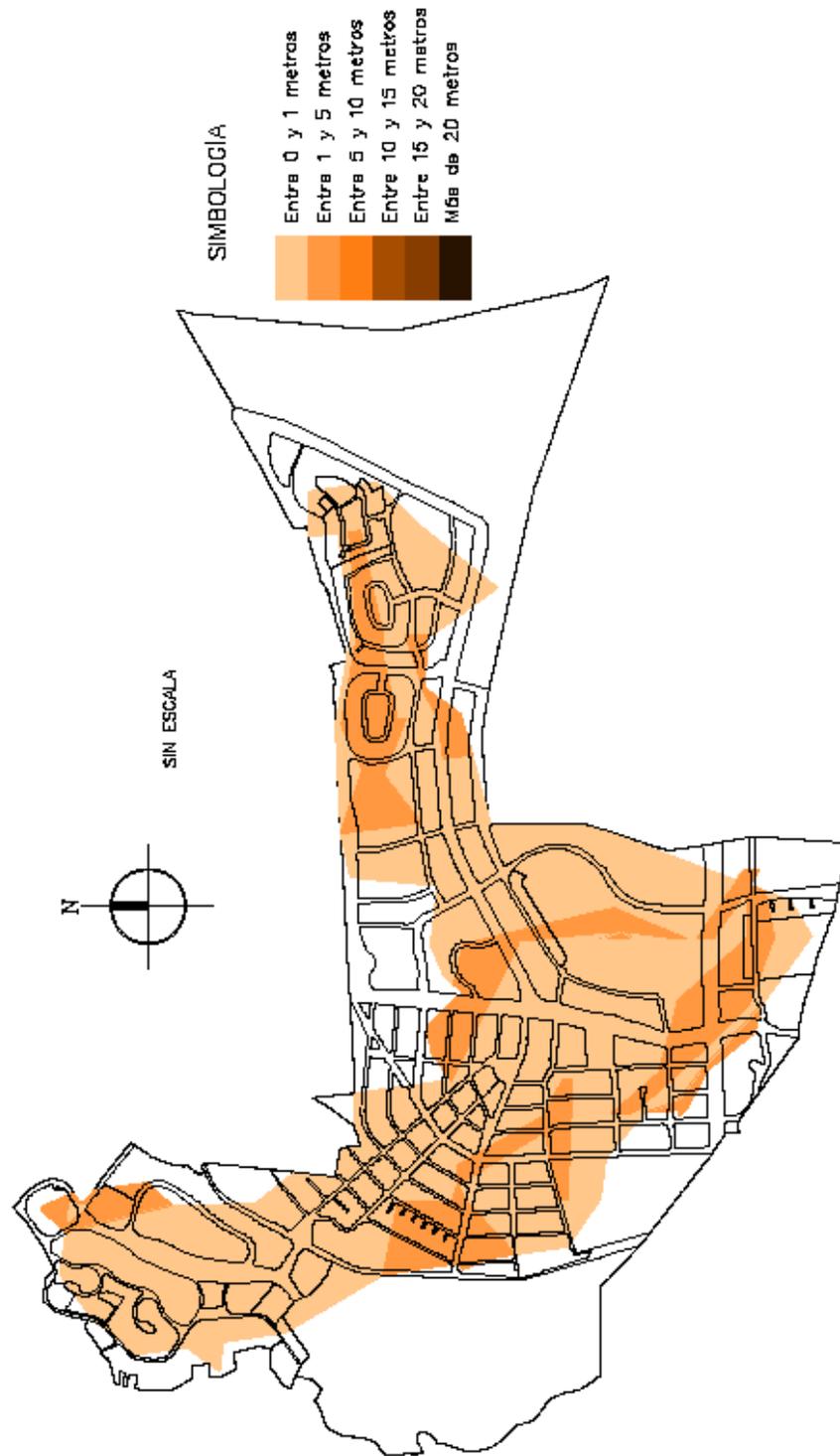


Figura 5.24 – Superficie estrato E-1 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.25 – Superficie estrato E-2 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

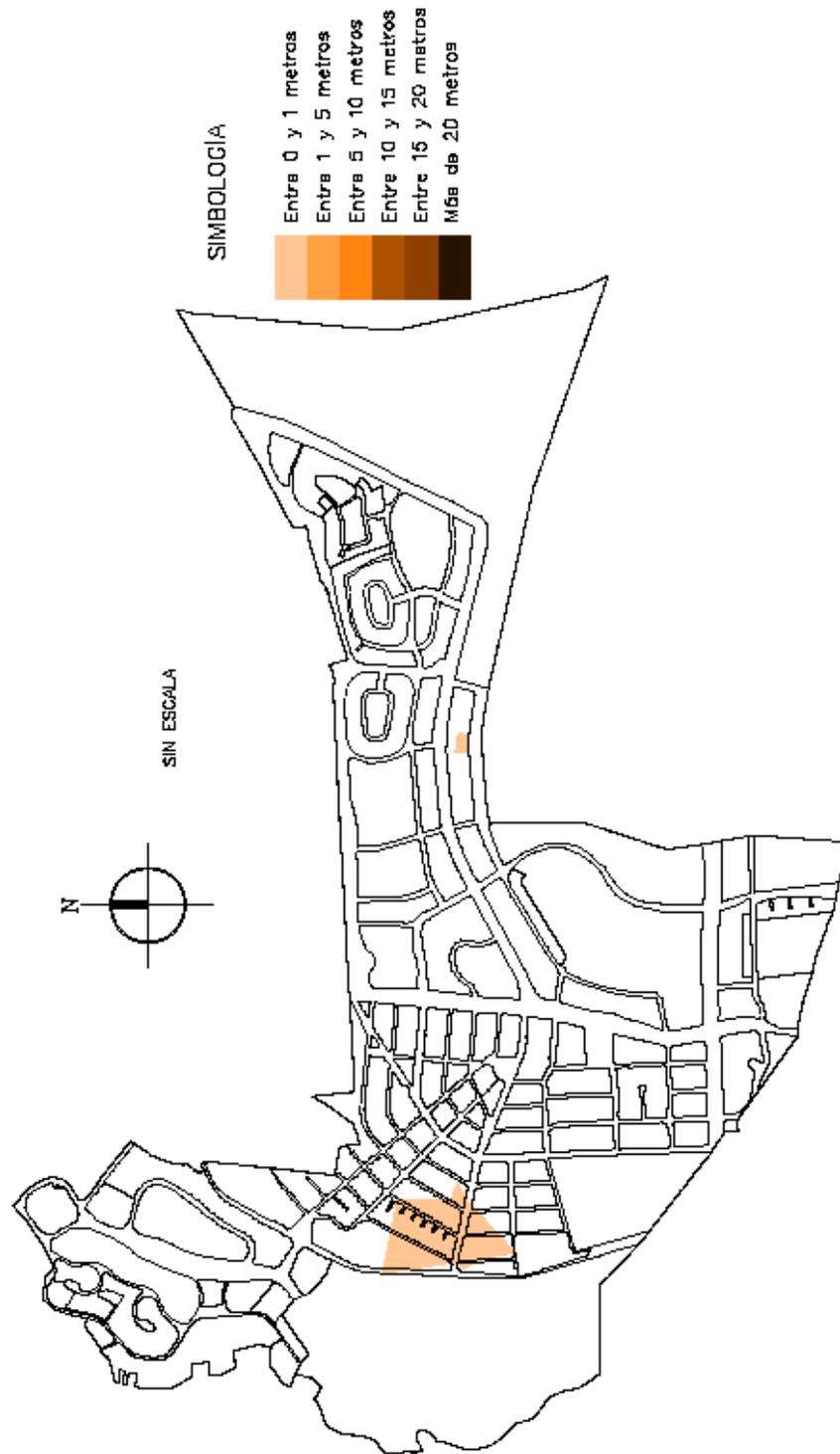


Figura 5.26 – Superficie estrato E-3 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

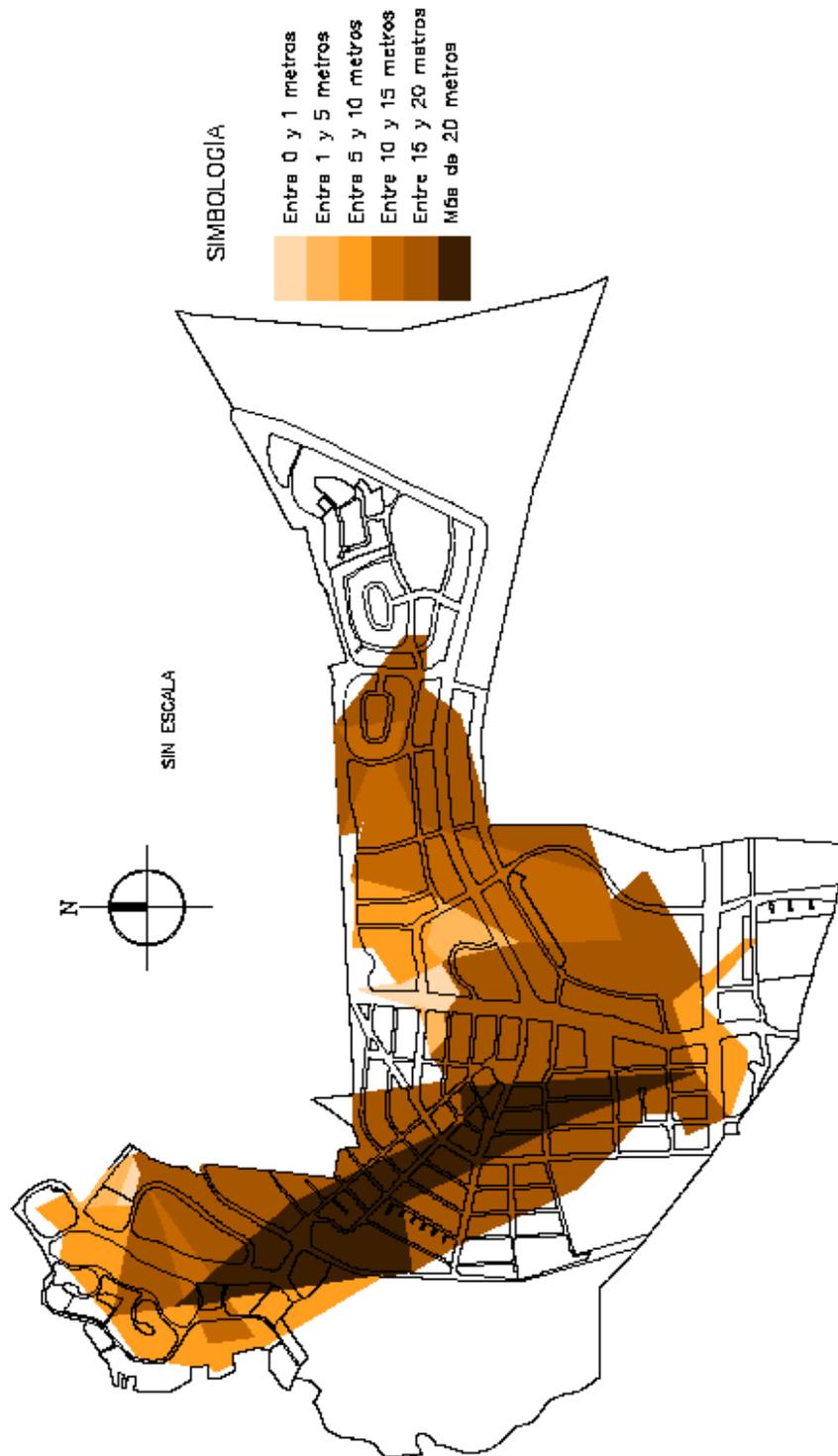


Figura 5.27 – Superficie estrato E-4 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

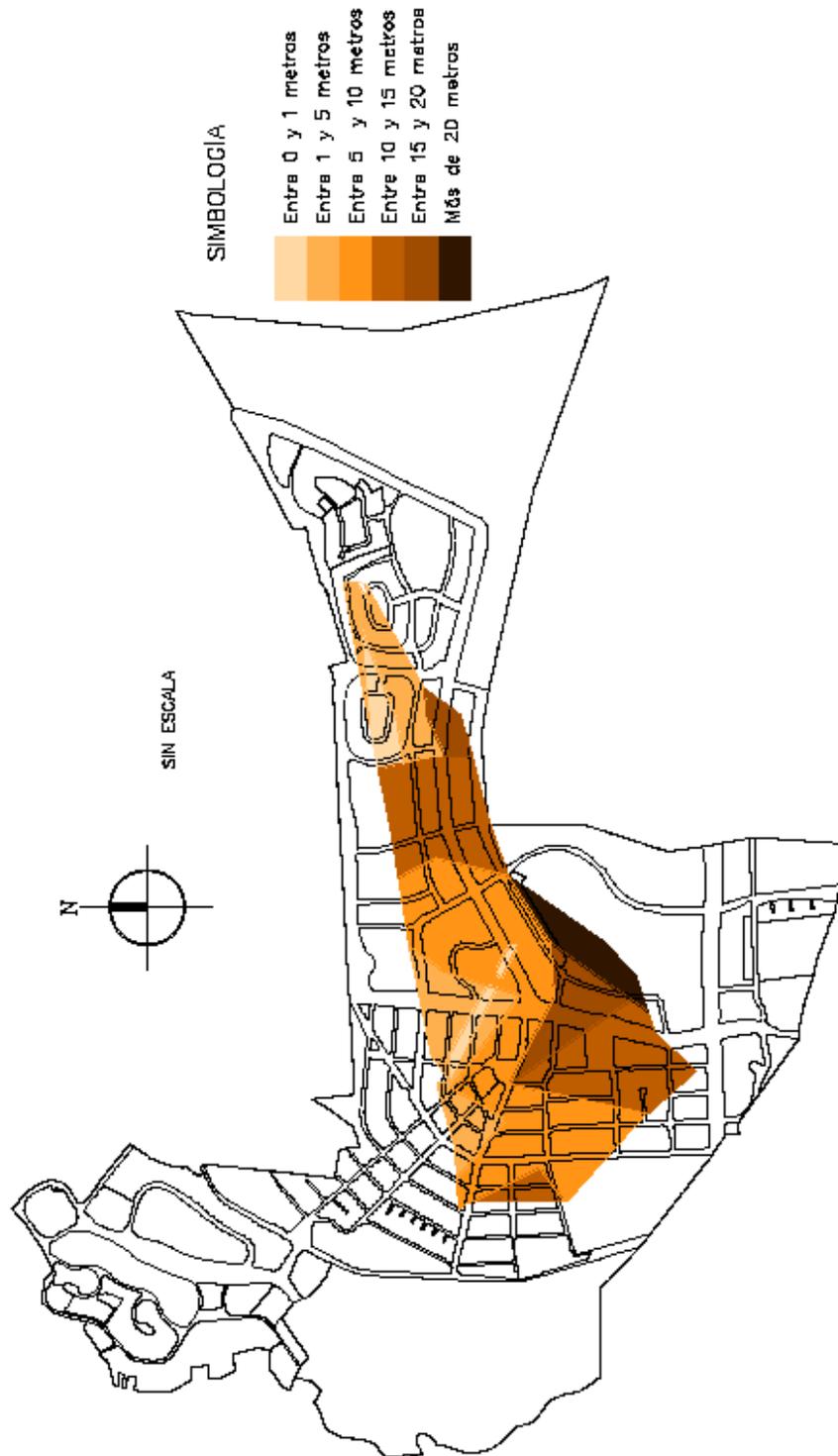


Figura 5.28 – Superficie estrato E-5 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

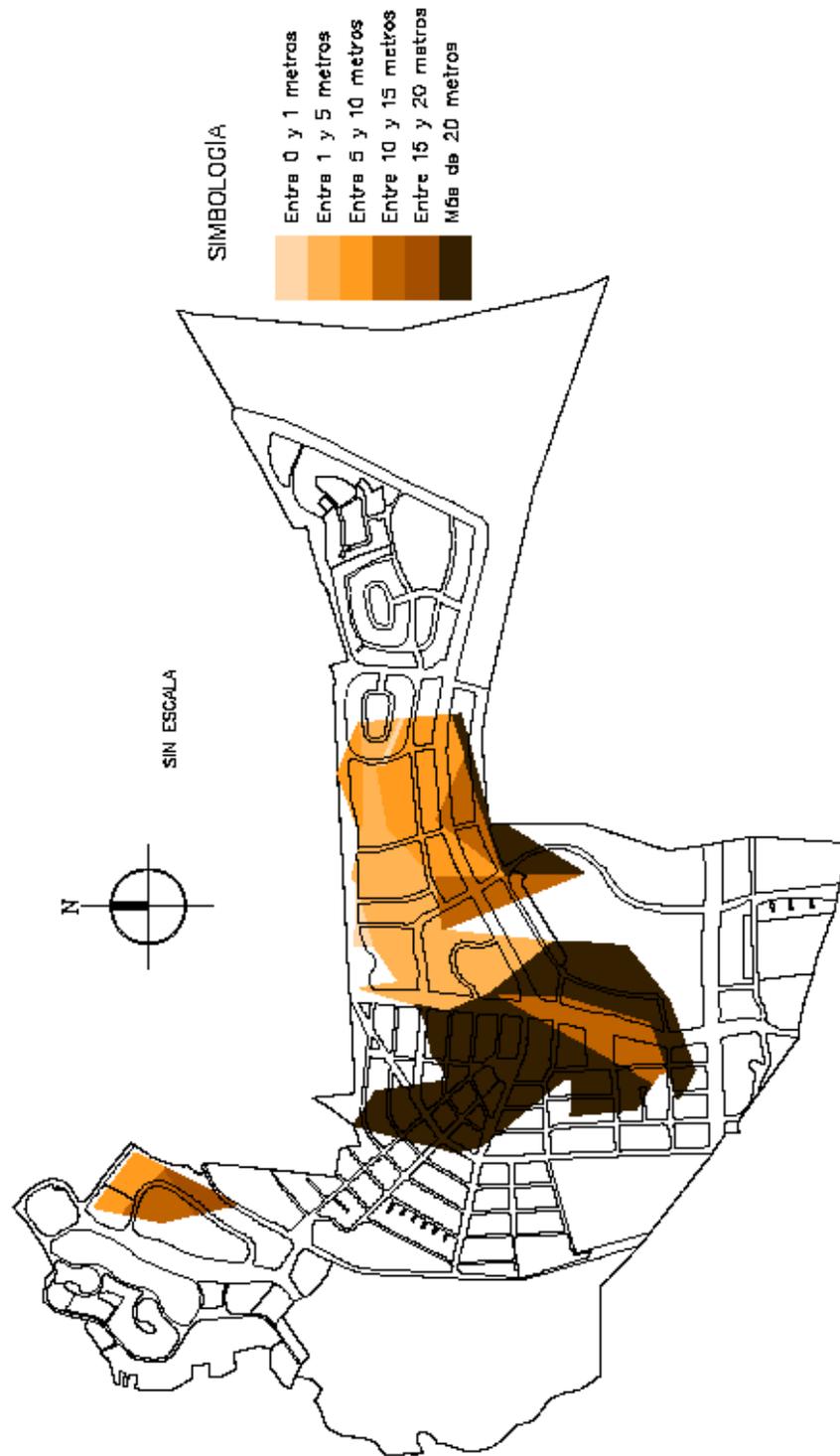


Figura 5.29 – Superficie estrato E-6 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

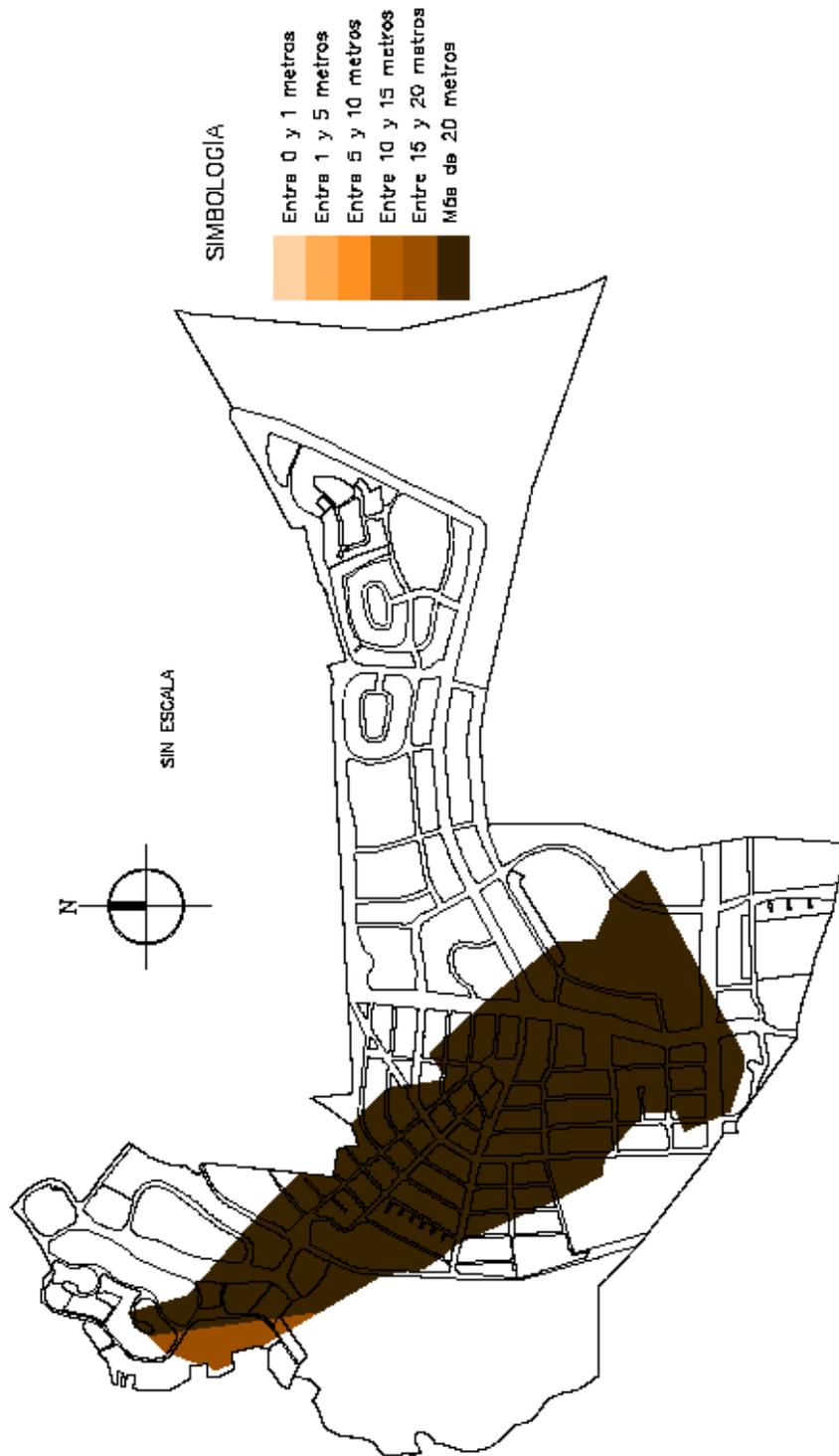


Figura 5.30 – Superficie estrato E-7 en sector Montemar con profundidad a la que es posible encontrarlo. Fuente: Elaboración propia.

## 6.- Zonificación de suelos de fundación

### 6.1.- Zonificación por composición estratigráfica

Realizado el análisis de los distintos tipos de suelos que componen el sector Montemar y los antecedentes geomorfológicos, geológicos y geotécnicos se ha logrado establecer en el área de estudio veintidós (22) zonas que presentan estratigrafías diferentes (Figura 6.1 y Figura 6.2).

- Zona A

Compuesta por los estratos E-1 y E-2, se observa en los sectores Costa de Montemar, Bosques de Montemar y Lomas de Montemar, en los que no se cuenta con información de exploraciones realizadas a mucha profundidad.

Los subsectores que integran esta área son 3, 4, 15, 18, 38, 42, 43, 44, 60, 64, 66, 74, 75, 80.

- Zona B

Compuesta por los estratos E-1, E-2 y E-4 se observa en los sectores Costa de Montemar y Lomas de Montemar.

Los subsectores que integran esta área son 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 37, 42, 55, 57.

- Zona C

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4 y E-6 se observa en los sectores Costa de Montemar y Lomas de Montemar.

Los subsectores que integran esta área son 13, 42, 44.

- Zona D

Compuesta por los estratos E-4 y E-6, esta área se aprecia solamente en el extremo Este en Costa de Montemar, no se aprecia en ningún subsector.

- Zona E

Compuesta por los estratos E-1 y E-4, se observa en el extremo Oeste de Costa de Montemar y en el borde del límite del área de estudio en el sector Lomas de Montemar, aparece debido a la poca profundidad de los datos con los que se cuenta de exploraciones.

Los subsectores pertenecientes a esta zona son el 2, 4, 5, 6, 44 y 55.

- Zona F

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4 y E-7, se observa en el sector Costa de Montemar y en parte de Bosques de Montemar.

Los subsectores pertenecientes a esta zona son el 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13 y 14.

- Zona G

Compuesto por los estratos E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6 y E-7, se aprecia en el sector Bosques de Montemar.

Los subsectores pertenecientes a esta zona son el 14, 16 y 17.

- Zona H

Compuesto por los estratos E-1, E-2, E-4, E-5 y E-6, se aprecia en el sector Bosques de Montemar y pertenecen a esta zona los subsectores 19 y 24.

- Zona I

Compuesta por los estratos E-1, E-4, E-5 y E-7, se aprecia en el sector Bosques de Montemar bajo la zona H y pertenece a esta zona el subsector 20.

- Zona J

Compuesta por los estratos E-2 y E-4 se aprecia en el extremo Este en Costa de Montemar y al extremo sur en Mirador de Montemar. A esta zona pertenece el subsector 22, 28 y 30.

- Zona K

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4, E-5 y E-7 se aprecia en Bosques de Montemar, Pinares de Montemar y al inicio de Lomas de Montemar, pertenecen a esta zona los subsectores 21, 26, 27, 29, 34, 37 y 42.

- Zona L

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4, E-5, E-6, E-7 se aprecia en Bosques de Montemar, Pinares de Montemar y al inicio de Lomas de Montemar.

A esta zona pertenecen los subsectores 24, 24, 26, 27, 31, 33, 34 y 37.

- Zona M

Compuesta por los estratos E-2, E-4 y E-7, se aprecia al final hacia el sur en Pinares de Montemar y en Mirador de Montemar. En esta zona se encuentran los subsectores 21, 22, 28, 29 y 30.

- Zona N

Compuesta únicamente por el estrato E-1 esta área se aprecia debido a la poca profundidad de las exploraciones realizadas. Se aprecia en el sector Mirador de Montemar y hacia el extremo Este de Lomas de Montemar.

Los subsectores que pertenecen a esta área son el 38, 43, 67, 69, 70, 76, 77, 78, 79, 80 y 81.

- Zona O

Compuesta por el estrato E-2, es un área de poco tamaño que también aparece por la poca profundidad de las exploraciones realizadas apareciendo hacia el Norte en Lomas de Montemar. Ningún subsector pertenece a esta zona.

- Zona P

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4 y E-5 se aprecia en Lomas de Montemar y a ella pertenecen los subsectores 35, 36, 37, 56, 58, 59, 61 y 62.

- Zona Q

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-4, E-5 y E-6 aparece en gran parte de Lomas de Montemar.

En esta zona es posible apreciar los subsectores 32, 33, 35, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53 y 56.

- Zona R

Compuesta por los estratos E-2, E-4, E-5 y E-6 es un área de reducido tamaño que aparece en Lomas de Montemar a la que pertenecen los subsectores 32, 35 y 39.

- Zona S

Compuesta por los estratos E-2, E-4 y E-6 es un área que aparece hacia el Norte en Lomas de Montemar. A ella no pertenece ningún subsector.

- Zona T

Compuesta por los estratos E-1, E-4 y E-6 es un área de poco tamaño que aparece al Norte en Lomas de Montemar. A ella pertenecen los subsectores 44 y 55.

- Zona U

Compuesta por los estratos E-1, E-2, E-3, E-4, E-5 y E-6 es un área muy reducida que se aprecia al sur de Lomas de Montemar en específico en el subsector 51.

- Zona V

Compuesta por los estratos E-1, E-2 y E-7 es un área de poco tamaño que se aprecia al sur de Pinares de Montemar y al inicio de Mirador de Montemar y en ella no es posible observar ningún subsector.

## 6.2.- Zonificación por compacidad

Las superficies de influencia del grado de compacidades establecidas en el acápite 5.1.4 determinadas de acuerdo a los perfiles de densificación del Anexo 4, nos permiten obtener cinco (5) zonas con diversos grados de compacidad como se muestra en la figura 6.3.

- Zona I

Compuesto por arenas con los grados de compacidad de muy suelta (0 a 4 golpes), suelta (4 a 10 golpes), medianamente densa (10 a 30 golpes), densa (30 a 50 golpes) y muy densa (más de 50

golpes). Se visualiza en Costa de Montemar y en una pequeña superficie en Mirador de Montemar y Lomas de Montemar.

La arena muy suelta se encuentra desde la cota de terreno hasta profundidades de 1,5 metros con espesores de capa de 0,4 a 1,5 metros. La arena suelta se encuentra a nivel de terreno y a profundidades de 0,5 metros con espesores que varían entre 0,02 y 0,8 metros. La arena medianamente densa se encuentra a profundidades entre 0,5 y 1,7 metros con espesores de capa entre 0,4 y 1,8 metros. La arena densa se encuentra a profundidades entre 1,1 y 3,2 metros con espesores de capa entre 0,4 y 0,9 metros. La arena muy densa se encuentra a profundidades entre 1,8 y 3,6 metros con espesores de capa entre 1,5 y 5 metros.

A esta zona pertenecen los subsectores 8, 11, 12, 13, 21, 26, 27, 34 y 35.

- Zona II

Compuesto por arenas con los grados de compacidad suelta (4 a 10 golpes), medianamente densa (10 a 30 golpes), densa (30 a 50 golpes) y muy densa (más de 50 golpes). Se visualiza en Costa, Bosques, Pinares, Mirador y parte de Lomas de Montemar.

La arena suelta se encuentra a nivel de terreno y a profundidades de 2,5 metros con espesores que varían entre 0,2 y 2,6 metros. La arena medianamente densa se encuentra a profundidades entre 0,3 y 3,5 metros con espesores de capa entre 0,3 y 3,7 metros. La arena densa se encuentra a profundidades entre 0,8 y 7,1 metros con espesores de capa entre 0,2 y 1,9 metros. La arena muy densa se encuentra a profundidades entre 1,4 y 8 metros con espesores de capa entre 2 y 5 metros.

A esta zona pertenecen los subsectores 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 47, 48, 49, 52, 53.

- Zona III

Compuesto por arenas con grados de compacidad medianamente densa (10 a 30 golpes), densa (30 a 50 golpes) y muy densa (más de 50 golpes). Se visualiza en Costa de Montemar y al inicio de Bosques de Montemar, esta área se presenta principalmente por la falta de datos en ese sector.

La arena medianamente densa se encuentra a profundidades entre 0 y 3 metros con espesores de capa entre 0,05 y 1,2 metros. La arena densa se encuentra a profundidades entre 0,2 y 2,7 metros con espesores de capa entre 0,1 y 1 metros. La arena muy densa se encuentra a profundidades entre 0,7 y 3,3 metros con espesores de capa entre 4 y 6,1 metros.

A esta zona pertenecen los subsectores 9, 10, 14, 15, 17, 18, 22 y 28.

- Zona IV

Corresponde a arenas con grados de compacidad suelta (4 a 10 golpes), densa (30 a 50 golpes) y muy densa (más de 50 golpes). Se visualiza en Lomas de Montemar, en el sector que no alcanza a cubrir la Zona II.

La arena suelta se encuentra a nivel de terreno con espesores que varían entre 0,7 y 1,2 metros. La arena densa se encuentra a profundidades entre 0,7 y 1,2 metros con espesores de capa entre 0,7 y 1,3 metros. La arena muy densa se encuentra a profundidades entre 0,9 y 2,6 metros con espesores de capa entre 1 y 2,3 metros.

A esta zona pertenecen los subsectores 46, 50, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 60, 61, 64, 68, 74, 75, y 76.

- Zona V

Corresponde a un área de poco tamaño que se aprecia en Lomas de Montemar y presenta arenas con grados de compacidad suelta (4 a 10 golpes), medianamente densa (10 a 30 golpes), y muy densa (más de 50 golpes).

La arena suelta se encuentra a nivel de terreno con espesores que varían entre 1,1 y 2,3 metros. La arena medianamente densa se encuentra a profundidades de 1,1 metros con espesores de capa entre 0,8 y 3 metros. La arena muy densa se encuentra a profundidades de 5,2 metros con espesores de capa de 5,2 metros.

A esta zona pertenece el subsector 44.

### **6.3.- Suelos de fundación según Decreto Supremo N°61 que aprueba el reglamento que fija el diseño sísmico de edificios (NCh 433 of 1996 mod 2009)**

Considerando lo mencionado en el acápite 3.5.3, la figura 3.5 y lo indicado en la tabla 4.4, en la figura 6.4 se presenta la zonificación de suelo de fundación según Decreto Supremo N°61.

Aunque revisados los informes de mecánicas de suelos que contienen información de medición de la velocidad de onda de corte promedio de los 30 metros superiores del terreno ( $V_{s30}$ ) e índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 Mpa ( $N_1$ ) regidos por los criterios indicados en el DS N° 61 (subsectores 3, 4, 7, 17, 22, 26, 29, 30 y 70) estos coinciden en clasificar el suelo como tipo C (Suelo denso o firme) debido a que los promedios de  $V_{s30}$  son mayores a 350 m/s y el valor de  $N_1$  estimado es mayor a 40 golpes/pie.

Para aquellos casos en que no es necesaria la justificación de  $V_{s30}$  y  $N_1$  (estructuras que presenten un total menor a 500 metros cuadrados construidos, no sean superior a 2 niveles y/o pisos ni presenten altura mayor a 8 metros), es recomendable clasificar el suelo como tipo D (Suelo medianamente denso o firme) para mayor seguridad.

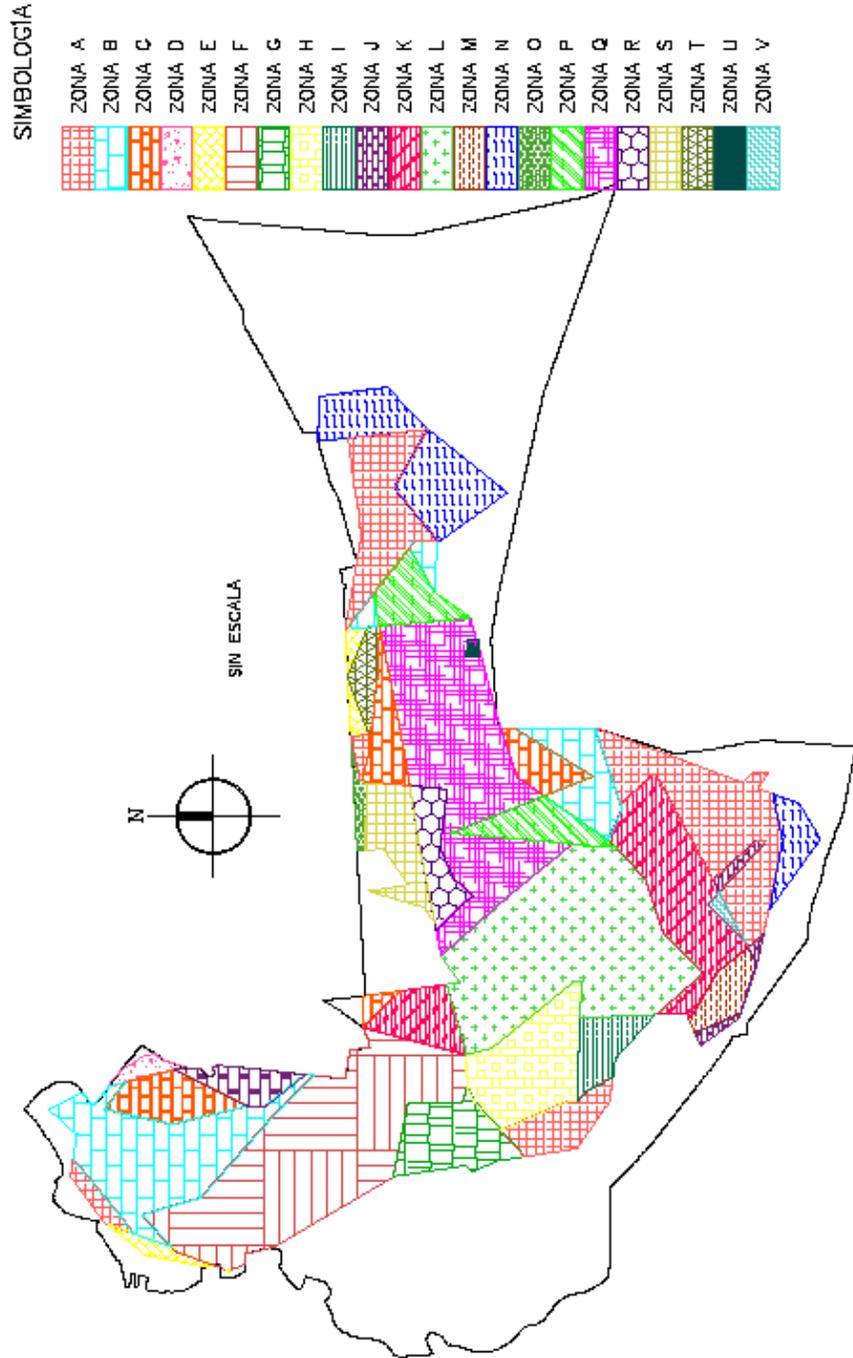


Figura 6.1 – Zonificación por composición estratigráfica en sector Montemar. Fuente: Elaboración propia.

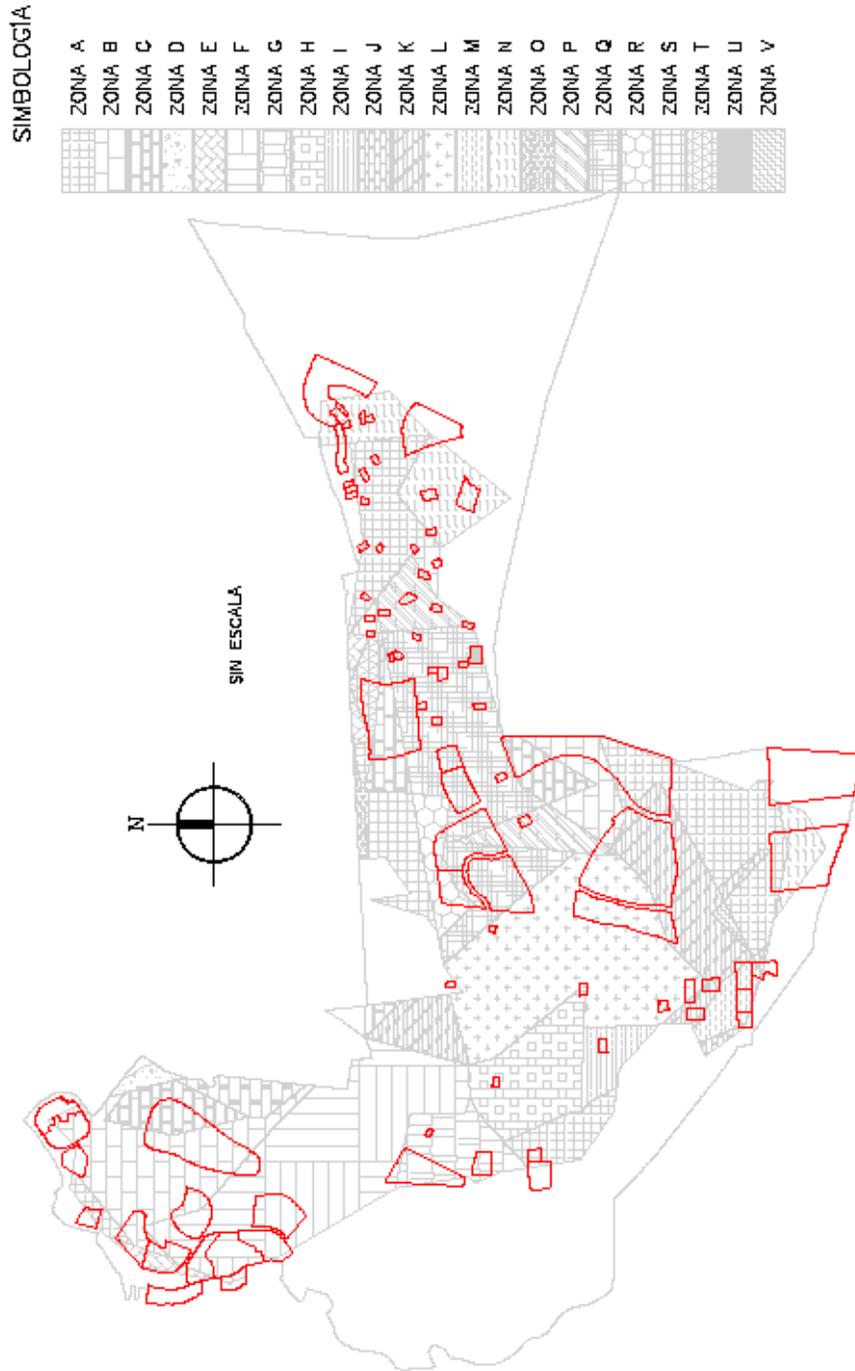


Figura 6.2 - Zonificación por composición estratigráfica en sector Montemar con subsectores en color rojo. Fuente: Elaboración propia.

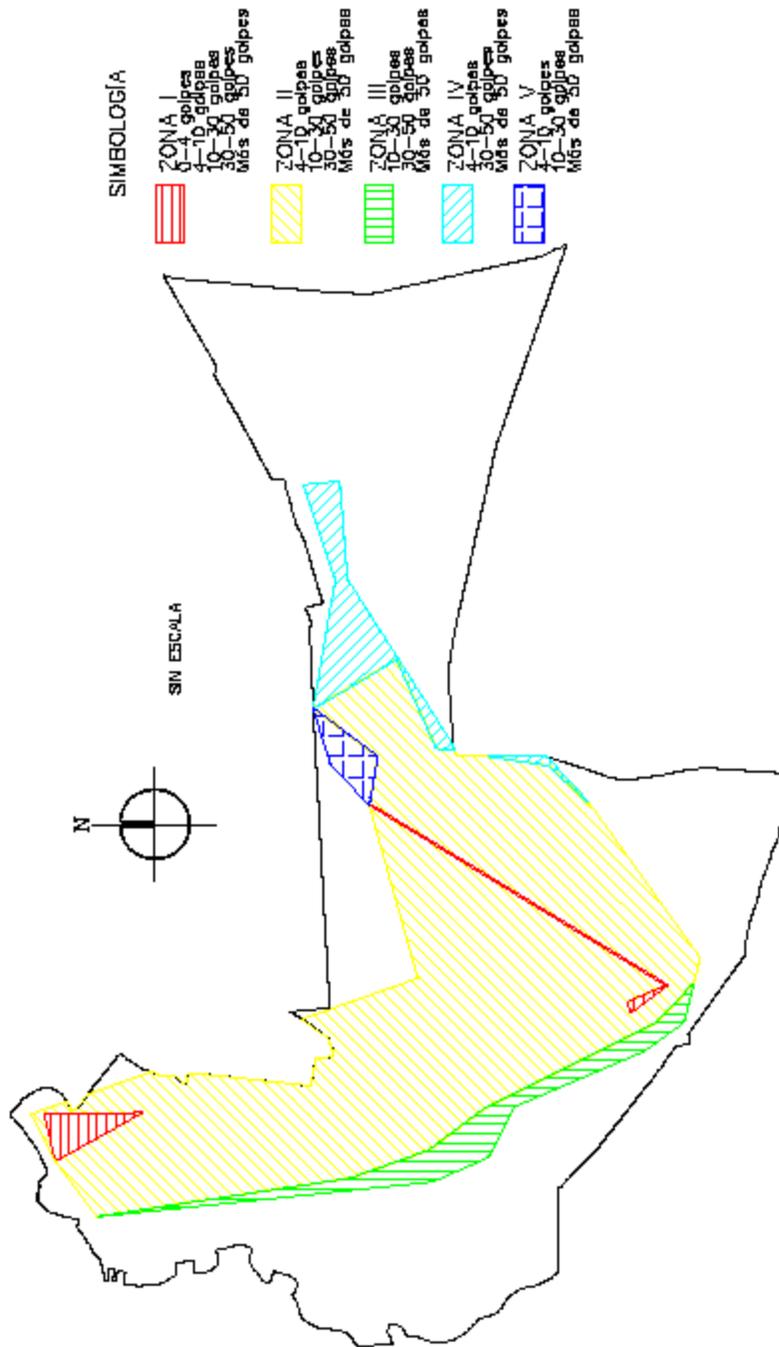


Figura 6.3 – Zonificación por compactidad en sector Montemar. Fuente: Elaboración propia.

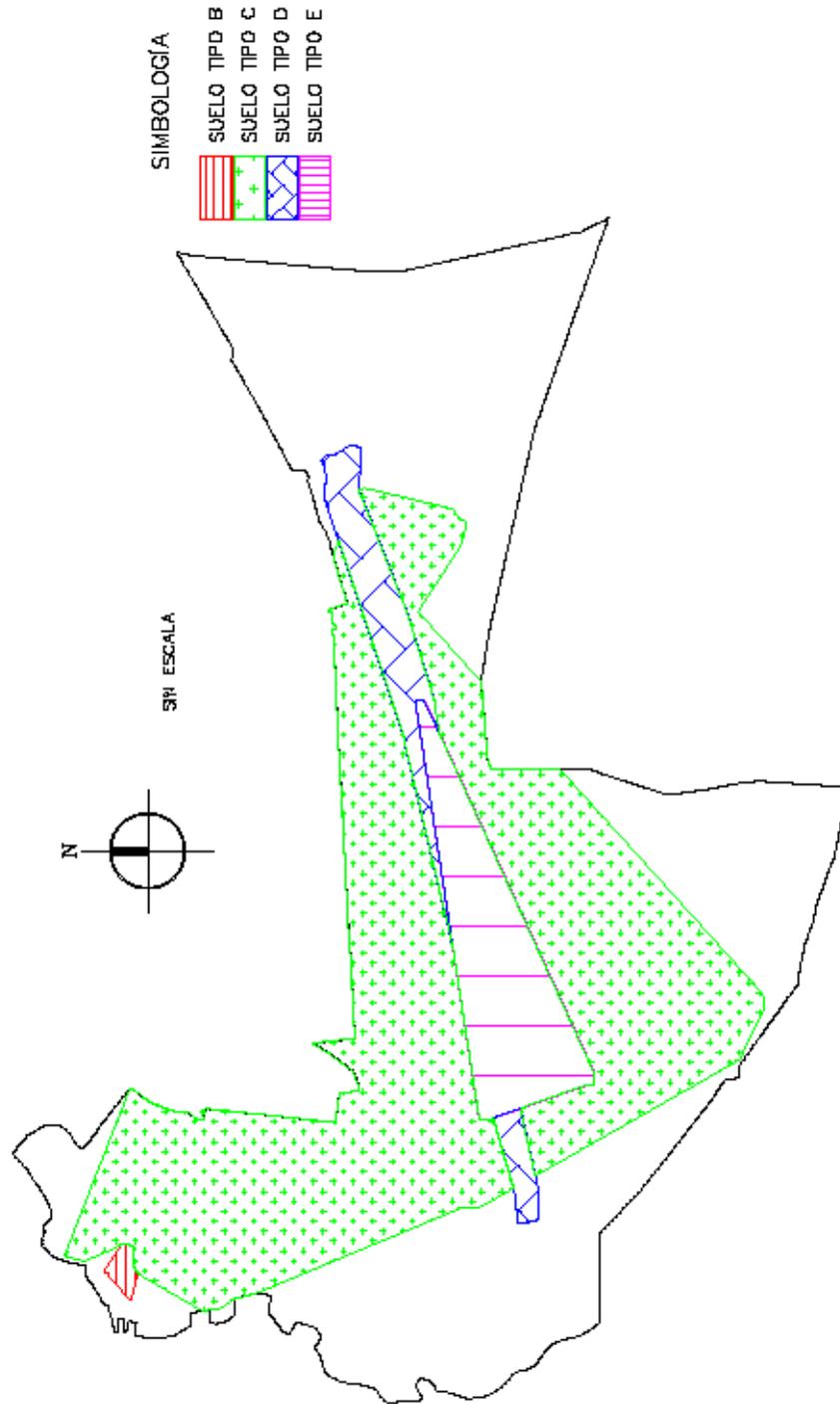


Figura 6.4 – Zonificación de suelo de fundación según Decreto Supremo N°61. Fuente: Elaboración propia.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

### 7.1.- Generalidades

Este estudio se ha desarrollado con la finalidad de conocer con detalles más certeros como está compuesto el subsuelo del sector Montemar en la comuna de Concón, enfocándose principalmente al uso de suelo desde el punto de vista de la ingeniería, a modo de facilitar el diseño de algún anteproyecto y la toma de decisión respecto a la factibilidad técnica y económica de ejecutarlo.

Los datos entregados como resultado de esta investigación representan lo indicado en los estudios de mecánicas de suelo que se han realizado con anterioridad de la zona de estudio (sector Montemar). Para conocer el subsuelo con exactitud sería necesario realizar exploraciones en cada metro cuadrado, lo cual no es factible, y por ende se recomienda realizar previo al estudio de algún proyecto las exploraciones de suelo correspondientes.

Este trabajo se realiza apoyándose en la información obtenida en la Dirección de Obras de la Ilustre Municipalidad de Concón de 81 informes de mecánicas de suelos, de los cuales se obtiene la información de las características y propiedades del suelo de 302 exploraciones de suelo en total, de las cuales 193 corresponden a calicatas, 29 a sondajes de tipo SPT y 80 a sondajes CPT con los cuales fue posible determinar el nivel de compacidad del suelo y la profundidad a la que este presenta el rechazo.

A partir de la información detallada y mencionada en el acápite 4, y mediante el uso de software computacionales tales como Arcview 3,2 y Autocad civil 3d 2010 se logra modelar la superficie con las posibles condiciones estratigráficas presentes en el suelo del sector Montemar. De esta superficie se obtiene 20 perfiles de estratigrafía del suelo, de los cuales 5 son perfiles longitudinales y 15 son perfiles transversales, utilizados para determinar la zonificación estratigráfica en el sector Montemar. Además a 13 de los 20 perfiles antes mencionados se les realizó el análisis del grado de compacidad del suelo, utilizando los datos del número de golpes necesarios para penetrar cierta profundidad el suelo de los sondajes CPT y SPT presentados en los anexos 2 y 3.

Con el análisis de los perfiles estratigráficos longitudinales y transversales se determina que el suelo está compuesto principalmente por tres horizontes: capa vegetal y suelos de tipo arenas finas mal graduadas y arenas limosas mal graduados con presencia de raíces y raicillas en un amplio espesor en el sector Costa de Montemar, que disminuye a medida que se avanza hacia el Este (Lomas de Montemar), el segundo horizonte compuesto por arenas mal graduadas, arenas limosas, arenas arcillosas y estratos con mezclas de los antes nombrados, y un tercer horizonte que sirve como base de apoyo de los dos anteriores compuesto por roca del tipo gneis.

Se utiliza los perfiles estratigráficos y los perfiles de densificación realizados para determinar primero una zonificación por estratigrafía y luego una zonificación por compacidad.

De la zonificación por estratigrafía se obtiene 22 zonas las cuales fueron llamadas por las letras del abecedario y que están compuestas por distintas combinaciones de los estratos presentes en el suelo del sector Montemar. Estos estratos corresponden a arenas finas mal graduadas, arenas finas limosas mal graduadas, material de relleno, arenas limosas, arenas limo-arcillosas, arenas arcillosas y roca.

De la zonificación por compacidad se obtiene 5 zonas compuesta por las combinaciones posibles de los grados de compacidad determinados, los cuales corresponden a arenas muy sueltas cuando el número de golpes se encuentra entre 0 y 4, arenas sueltas cuando el número de golpes se encuentra entre 4 y 10, arenas medianamente densas si el número de golpes se encuentra entre 10 y 30, arenas

densas cuando el número de golpes se encuentra entre 30 y 50 y arenas muy densas cuando el número de golpes es mayor a 50.

Los antecedentes de ambas zonificaciones permiten afirmar que el suelo del sector Montemar en la comuna de Concón está compuesto por arenas finas con contenidos de limos y arcillas que presentan una compacidad que aumenta con la profundidad y descansan sobre roca de tipo gneis sano y/o fracturado. Considerando que estamos en presencia de un suelo conformado por arenas finas con contenidos de limos y arcillas, estas no tendrían problemas de licuefacción pues la presencia de napas subterráneas solo se detecta en un subsector (número 7) a una profundidad de 11 metros (aunque se debe considerar que probablemente la napa no ha sido detectada en otros subsectores por la poca profundidad de los ensayos realizados) y los perfiles de densificación (Anexo 4) indican que aproximadamente bajo 2 metros de la cota de terreno es posible encontrar arenas muy densas.

En cuanto al aspecto sísmico del suelo de fundación se ha considerado los criterios utilizados en la última modificación de la norma chilena 433 of 1996, el decreto supremo N° 61 del 2011; estableciendo que el suelo clasifica como tipo C (suelo denso o firme) de acuerdo a los ensayos realizados de medición de Vs30 y N1 presentes en los informes de mecánicas de suelos de algunos subsectores, aunque en caso de no realizar la evaluación de estos parámetros (Vs30 y N1) es recomendable utilizar la clasificación tipo D (suelo medianamente denso o firme) para mayor seguridad.

## **7.2.- Conclusiones**

### **7.2.1.- Relacionado con el objetivo principal**

Luego del análisis de toda la información disponible y la generada utilizando softwares computacionales (Arcview 3.2 y Autocad civil 3d 2010) se ha determinado 22 zonas con distintas combinaciones de estratos presentados. La cantidad de zonas generadas se debe a la utilización de la clasificación de suelos por el sistema USCS, pues se determina que en el sector Montemar se presentan arenas del tipo SP, SP-SM, SM, SM-SC y SC (a las que además se deben incluir los estratos relleno y roca) y la variada profundidad de exploraciones realizadas (cercas a 30 metros de profundidad en Costa de Montemar y Mirador de Montemar por ser zonas que se caracterizan por la presencia de edificaciones de altura mayor a 4 pisos y cercanas a 2 metros en los sectores Bosques de Montemar, Pinares de Montemar y Lomas de Montemar por ser zonas en las que predominan las viviendas unifamiliares).

Los tipos de suelos de fundación determinados en este estudio cumplen con lo señalado en el acápite 3 del presente estudio referente a antecedentes geomorfológicos, geológicos y geotécnicos.

El objetivo final que presenta este estudio puede interpretarse como una sustitución a la realización de ensayos de exploración, lo cual no es recomendable debido a que para la incorporación de datos, creación de superficies de influencias (del tipo de suelo y grado de compacidad) y elaboración de perfiles longitudinales y transversales de estratigrafía y densificación del suelo se ha utilizado criterios propios como por ejemplo, si un informe de mecánica de suelos de algún sector no contaba con el plano de ubicación de la exploración esta se asumía al centro del terreno, cuando la cota de terreno a la que se realizó la exploración no se encontraba explícita se asumía la cota de terreno que presenta el plano topográfico utilizado, entre otras, por lo que si bien el estudio permite conocer la composición del suelo es posible encontrar situaciones conflictivas en que no coincida lo especificado en planos con la situación en terreno; este estudio puede ser utilizado como antecedente para investigaciones

de suelos futuras en la comuna, considerando que hacia el Sureste adyacente al sector en estudio se encuentra una zona de extensión urbana.

### **7.2.2.- Relacionado con el objetivo secundario**

La recopilación de informes de mecánicas de suelos, que si bien según la metodología presentada se debía realizar visitando oficinas particulares, laboratorios de mecánicas de suelos y la Dirección de Obras, se realizó solo recurriendo a la oficina de la Dirección de Obras pues ahí es posible encontrar los mismos informes que han realizado las empresas para los diversos proyectos.

En cuanto a la categorización de suelos de fundación, para analizar el suelo del sector Montemar se opta por el sistema USCS ya que es el más conocido y utilizado en la ejecución de obras civiles. A pesar de lo anterior, en el acápite 4 también se presenta la categorización del sistema AASHTO que es la utilizada para carreteras y caminos (obras que ocurren en el sector urbano). Se considera además la clasificación de suelos que presenta la norma NCh 433 “Diseño sísmico de edificios” (vigente con sus respectivas modificaciones), entregando las clasificaciones presentadas en los informes de mecánicas de suelos, pues esta determina los criterios utilizados para determinar el diseño estructural y las fundaciones para una edificación.

La ejecución de planos para análisis de datos y obtención de resultados se ha realizado modelando superficies en 3d, para lo cual el software Arcview 3,2 contiene extensiones que facilitan el análisis de los modelos de superficies creados. A pesar de que la metodología de trabajo presentada incluye solo el uso del software Arcview 3.2 fue necesario utilizar el software Autocad civil 3D 2010 para realizar de manera adecuada los perfiles longitudinales y transversales de estratigrafía y densificación.

Cumpliendo con cada paso de los objetivos secundarios se obtuvo la posible zonificación de suelos de fundación en el sector Montemar, por lo tanto cumplir el objetivo del estudio.

### **7.3.- Recomendaciones**

Se recomienda como investigación a futuro complementar este estudio con el sector urbano de la comuna de Concón que no fue desarrollado en este, considerando que cumplir el objetivo en una investigación de este tipo puede ser un proceso lento al que se deba dedicar bastante tiempo en especial a la búsqueda de informes de mecánicas de suelos y ejecución de planos, pues en el caso del primero es necesario buscar en cada carpeta de proyecto y en el segundo caso el poco conocimiento sobre los software hace necesario estudiar diversos tutoriales que permitan ejecutar de manera correcta los planos.

Se recomienda también a futuro desarrollar una metodología para la ejecución de este tipo de estudios utilizando softwares computacionales pues, si bien este estudio determina implícitamente una, se considera necesario desarrollar una explícita que permita optimizar el proceso.

## 8.- Bibliografía

Lambe. 2005. Mecánica de suelos. México. Limusa Noriega. p15-29.

CHILE. Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2013. Memoria Explicativa Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso.

Plan Regulador Comuna de Concón.

CHILE. Ministerio de Educación. 1993. Decreto Supremo 481 Declara Santuario de la Naturaleza dos Sectores del Campo Dunar de la Punta de Concón. V Región de Valparaíso. [En línea] <[http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36908\\_documento.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36908_documento.pdf) > [Consulta: 02 Junio 2014]

CHILE. Ministerio de Educación. 2011. Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y Normas Relacionadas. [En línea] < [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-11181\\_doc\\_pdf.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-11181_doc_pdf.pdf)> [Consulta: 02 Junio 2014]

CHILE. Ministerio de Educación. 1994. Decreto Supremo N° 106 Modifica Decreto Supremo N° 481, de 5 de Agosto de 1993, de Educación, que declaro Santuario de la Naturaleza dos Sectores del Campo Dunar de la Punta de Concón. V Región de Valparaíso. [En línea] <[http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36476\\_documento.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36476_documento.pdf)> [Consulta: 02 Junio 2014]

CHILE. Ministerio de Educación. 2006. Decreto Supremo N° 2131 Modifica Decreto Exento de Educación N° 106, de 1994, Fijando Nuevos Límites de Santuario de la Naturaleza de Campo Dunar de la Punta de Concón V Región de Valparaíso. [En línea] < [http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36633\\_documento.pdf](http://www.monumentos.cl/consejo/606/articles-36633_documento.pdf) > [Consulta: 02 Junio 2014]

CHILE. 2012. Decreto N° 45 ESTABLECE SANTUARIO DE LA NATURALEZA "CAMPO DUNAR DE LA PUNTA DE CONCÓN", DE LAS COMUNAS DE CONCÓN Y VIÑA DEL MAR, REGIÓN DE VALPARAÍSO [en línea] <<http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1047799&buscar=decreto+n%C2%B0+45+26+diciembre+2012>> [Consulta: 02 Junio 2014]

Castro y Brignardello. 1997. Geomorfología aplicada a la ordenación territorial de la franja costera entre Concón y Quintay (32°55'S y 33°15'S). Revista de Geografía Norte Grande, 24: 113-125. [En línea] < [http://www.geo.puc.cl/html/revista/PDF/RGNG\\_N24/Art\\_14.pdf](http://www.geo.puc.cl/html/revista/PDF/RGNG_N24/Art_14.pdf) > [Consulta: 02 Junio 2014]

Baranzini. 2010/2011. Morfología y dinámica Dunaria de la Punta de Concón para la conservación y gestión territorial Morfo dinámica delle Dune de Concón V Regione di Valparaíso, Chile. Politecnico di Milano. 110p.

Sowers y Sowers. 1972. Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 1era edición. Limusa-Wiley S.A. p21-200.

Terzaghi, K. 1963. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. 2da edición. El Ateneo. 681p

Chile. Instituto Nacional de Normalización. 2009. NCh 433 of 1996 mod 2009: Diseño sísmico de edificios.

Chile. Instituto Nacional de Normalización. 2011. Decreto Supremo N° 61 que Aprueba reglamento que fija el diseño sísmico de edificios y deroga D.S N° 117 (V y U) de 2010.

Chile. Instituto Nacional de Normalización. 2008. NCh 1508 of 2008: Geotécnia - Estudios de Mecánicas de Suelos y Fundaciones. 20p.

Lienlaf. Tutorial Arcview 3.2.

Behm. 2005. Curso básico Arcview 3.2 teoría y práctica.

Informes de mecánicas de suelos recopilados en Dirección de Obras de la Municipalidad de Concón.

## **ANEXOS**