

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES
VALPARAÍSO – CHILE



MODELO DE EXPOSICIÓN DE EDIFICIOS
SOBRE CUATRO PISOS EN VIÑA DEL MAR:
SECTOR POBLACIÓN VERGARA

RODRIGO IGNACIO NAVARRO CÁRDENAS

Memoria para optar al título de:
INGENIERO CIVIL

Profesor Guía:
DR. PABLO HERESI VENEGAS

Fecha:
JULIO 2023

AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo a todas las personas que colaboraron al desarrollo de este trabajo. A Sergio Aranda por su gran disposición inicial, por recibirme en las dependencias de la municipalidad y por los gratos momentos que compartimos, sin su ayuda este documento no podría haber sido posible. A Gonzalo Vargas y a mi profesor de cátedra Gonzalo Suazo por siempre querer ayudarme y compartirme la documentación necesaria para el desarrollo de esta tesis

A mi profesor guía Pablo Heresi por haberme otorgado este tema de memoria, un proyecto en el que me hizo desarrollar distintos aspectos personales además de lo técnico pero que por sobre todo, disfruté muchísimo. Muchas gracias por la paciencia, disposición, tiempo y el gran acompañamiento durante todo el proceso.

A mi familia por cumplir un rol fundamental en mi vida, que sin ellos nada de esto sería posible, gracias a mis padres por su esfuerzo y siempre querer lo mejor para mí y mis hermanos, por todos los valores enseñados y por siempre estar presentes incluso a la distancia, no pude haber sido más afortunado de ser parte de sus vidas y ustedes de la mía, este logro sin dudas es para ustedes.

A mis amigos porque sin ellos todo hubiera sido diferente, y que no me imagino haber vivido mejor sin ellos, gracias por los buenos momentos, el sostén constante y por estar presentes cuando más lo necesitaba.

A mi compañera Aixa, por todo el amor y cariño que me has dado, eres un pilar fundamental para mí y que desde te conocí he sido infinitamente feliz, soy muy afortunado de contar contigo y gran parte de este logro te lo debo a ti.

A todas las personas que conocí durante esta etapa, de las que pude aprender y mejorar, que a pesar de que nuestros caminos fueron tomando distancia, guardo los mejores recuerdos.

Finalmente agradecer a la vida y a mí mismo por haber llegado hasta aquí, el camino no fue fácil ni mucho menos expedito. El aprendizaje de este ciclo lo atesoro con el alma y lo llevo presente siempre. Sin duda alguna esta etapa fue y será una de las mejores de mi vida.

RESUMEN

Chile es un país altamente sísmico debido a su ubicación geográfica, razón por la que han ocurrido numerosos eventos en los últimos siglos. Las ocurrencias de estos dependen de muchos factores, razón por la que actualmente no es posible predecirlos ni adelantarnos a las consecuencias producidas. Durante los últimos 150 años, varios sismos de gran magnitud han azotado la zona central de Chile, generando notables daños en las edificaciones en el área de Viña del Mar, específicamente en la Población Vergara. Muchos investigadores han estudiado esta zona por su comportamiento sísmico y atribuyen estos daños a efectos de sitios debido al suelo depositado en la cuenca cercana al Marga-Marga.

Uno de los temas que genera interés es la evaluación del riesgo sísmico, que permite estimar las pérdidas, tanto humanas como materiales, que se producirían al ocurrir un evento telúrico. Este riesgo se compone y se calcula a partir de tres componentes fundamentales: amenaza, que es la probabilidad de que ocurran sismos en un lugar; exposición, que se refiere a los elementos susceptibles de sufrir daño durante un evento sísmico; y vulnerabilidad, que es la capacidad de las estructuras de sobrellevar dichos eventos. Ante esto, actualmente no existen bases de datos con información actualizada y resumida de grandes sectores en Viña del Mar, y la información existente reúne características acotadas a estructuras determinadas que sufrieron efectos sísmicos a eventos importantes, tales como el sismo del 3 de marzo de 1985 y el sismo del 27 de febrero del 2010.

Este documento genera una base de datos con información geográfica, geométrica, estructural y geotécnica de los edificios sobre cuatro pisos en la ciudad de Viña del Mar: sector Población Vergara, a partir de la información existente en los registros de la Municipalidad y estudios anteriores. Para esto se definió una zona de estudio en base a información previa existente, y se recopiló la información disponible de los edificios del sector. Estos datos fueron utilizados para caracterizar y analizar la zona respecto a su información arquitectónica, estructural y geotécnica.

Los resultados muestran la distribución de los edificios en relación al año de construcción y sus características más relevantes bajo parámetros ocupacionales y geotécnicos acompañados de un análisis respecto a las disposiciones generales de la normativa NCh433 y la relación respecto a las condiciones de suelo de la zona. Este trabajo además proporciona una base de datos disponible de los 326 edificios estudiados, junto a un archivo georreferenciado con esta información.

La Población Vergara está emplazada sobre un suelo muy particular del cuál no se tiene demasiada información a profundidades mayores de 30 metros. Esto dificulta la implementación de modelos que permiten evaluar los efectos de la amplificación sísmica y caracterizar la cuenca del Marga-Marga. Los edificios emplazados en esta zona presentan una distribución muy variada respecto a su altura que no superan los 81 metros, lo que confirma la tipología constructiva de los últimos años identificada en el P.R.C. Actualmente, esta regulación local define de manera muy clara los lineamientos de la ciudad en términos urbanísticos, pero debe precisar con mayor profundidad el contenido de los estudios de riesgos.

Palabras Clave: Modelo de exposición; base de datos; caracterización de edificios; edificios altos; riesgo sísmico.

ABSTRACT

Chile is one of the most seismically active countries in the world due to its geographical location, which is why several events have occurred in the past centuries. The causes of these earthquakes depend on many factors, which is why it is currently not possible to predict them or anticipate their consequences. During the last 150 years, several large-magnitude earthquakes have hit central Chile, generating significant damage to buildings in the Viña del Mar area, specifically in the Población Vergara neighborhood. Many researchers have studied this area for its seismic behavior and attribute this damage to site effects due to the soil deposited in the hydrological basin near the Marga-Marga river.

One of the topics that generates a great interest is the evaluation of seismic risk, which allows estimating human and material losses, that a seismic event would produce. This risk is constituted and calculated from three fundamental components: hazard, which is the probability of earthquakes occurring in a place; exposure, which refers to the elements susceptible to damage during a seismic event; and vulnerability, which is the capacity of structures to cope with such events. Given this, there are currently no databases with updated and summarized information of buildings in large areas of Viña del Mar, and the existing information gathers limited data only for certain structures that suffered damage during important earthquakes, such as the earthquake of March 3, 1985, and the earthquake of February 27, 2010.

This document generates a database with geographic, geometric, structural, and geotechnical information on buildings with more than four stories in the city of Viña del Mar, specifically in the Población Vergara sector, based on existing information in city records and previous studies. For this purpose, a study zone was defined based on previous existing data, and the available information on buildings in the sector was compiled. These records were used to provide the features of the area and analyze the architectural, structural, and geotechnical information.

Results show the distribution of the buildings related to the year of construction and their most relevant features under occupational and geotechnical parameters complemented by an analysis regarding the general disposition of the NCh433 seismic code and the link with the soil conditions of the area. This work also provides an available database of 326 buildings within the studied area, along with a georeferenced file.

The Población Vergara neighborhood is located on a very particular soil with not much information for depths greater than 30 meters. This makes it difficult to implement models for assessing the effects of seismic amplification and characterize the Marga-Marga basin. The buildings located in this area have a very diverse distribution regarding their height, which does not exceed 81 meters. This fact confirms the recent years building typology, identified in the P.R.C. Currently, this local regulation defines the urban guidelines of the city, but the content on the risk studies should be defined much more precisely.

Keywords: Exposure model; database; characterization of buildings; tall buildings; seismic risk.

GLOSARIO

a	: Ordenada del espectro de aceleraciones dado el método dinámico de análisis;
α	: Factor de amplificación de la aceleración efectiva máxima;
A_o	: Aceleración máxima efectiva que depende de la zona sísmica;
ACI	: American Concrete Institute;
C	: Coeficiente sísmico;
c	: Parámetro que depende del tipo de suelo;
C_{max}	: Coeficiente sísmico máximo;
$CRAV$	: Compañía Refinería de Azúcar de Viña del Mar;
$D.O.$	: Decreto Oficial;
$D.A.$	: Decreto Alcaldicio;
$D.O.M.$	: Dirección de Obras Municipales;
$D.S.$	: Decreto Supremo;
g	: Aceleración de gravedad;
I	: Coeficiente relativo a la categoría del edificio;
$I.P.T.$	: Instrumentos de Planificación Territorial;
$ID(DR)$	: índice de densidad (o densidad relativa);
$INDICTENOR$	: Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización;
K_1	: Coeficiente relativo al uso del edificio;
K_2	: Coeficiente relativo a la forma estructural;
$L.G.U.C.$	: Ley General de Urbanismo y Construcciones;
$LEED$	: Líder en Eficiencia Energética y Diseño;
$LEMCO$	: Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Obras;
$LEPUCV$	: Laboratorio de Ensayos El Laboratorio de Ensayos de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso;
M_s	: Magnitud sísmica;
M_w	: Magnitud de momento;
N	: Índice de Penetración Estándar;
n	: Parámetro que depende del tipo de suelo; índice asociado al modo de vibración;

N_I	: Índice de Penetración Estándar Normalizado;
NCh	: Norma Chilena;
$O.G.U.C.$	: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones;
P :	: Peso total del edificio sobre el nivel basal;
p	: Parámetro que depende del tipo de suelo;
$P.R.C.$	: Plan Regulador Comunal;
PEA	: Población Económicamente Activa;
Q_o	: Esfuerzo de corte basal;
q_u	: Resistencia a la compresión simple del suelo;
R	: Factor de modificación de la respuesta estructural (análisis estático);
r	: Número de modos de vibrar
$ReMi$	: Refracción de ruido ambiental (refraction microtremor);
R_o	: Factor de modificación de la respuesta estructural (análisis modal espectral);
R^*	: Factor de reducción de la aceleración espectral;
RQD	: Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032;
RTI	: Red de Triángulos Irregulares;
S	: Solicitación por superposición modal;
S_a	: Aceleración espectral de diseño;
S_i	: Solicitación correspondiente al i-ésimo modo;
SIG	: Sistema de Información Geográfica;
SPT	: Ensayo de Penetración Estándar (Standard Penetration Test);
s_u	: Resistencia al corte no drenada del suelo;
T	: Período fundamental del edificio;
T'	: Parámetro que depende del tipo de suelo;
T^*	: Período del modo con mayor masa traslacional equivalente;
TIN	: Triangulated Irregular Network;
T_n	: Período de vibración del modo n;
T_o	: Parámetro que depende del tipo de suelo;
$USCS$	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos;

<i>USGS</i>	: The United States Geological Survey;
V_s	: Velocidad de ondas de corte;
V_{s30}	: Velocidad de ondas de corte en los 30 metros superficiales;
γ_d	: Peso unitario seco del suelo;

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	14
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	15
2.2 ANTECEDENTES DE LA CIUDAD	15
2.2.1 INICIOS DE VIÑA DEL MAR	15
2.2.2 LA POBLACIÓN VERGARA	16
2.2.3 DESARROLLO Y CRECIMIENTO POBLACIONAL	20
2.3 ANTECEDENTES NORMATIVOS.....	22
2.3.1 CONFIGURACIÓN URBANA	22
2.3.2 PLAN REGULADOR COMUNAL.....	23
2.3.3 NORMATIVA CHILENA 433	28
2.4 ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS	35
2.4.1 SISMICIDAD DE LA REGIÓN	35
2.4.2 GEOLOGÍA DE LA REGIÓN.....	39
2.4.3 PERFIL GEOTÉCNICO	42
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	48
3.1 PROCESO DE ESTUDIO	48
3.2 ZONA DE ESTUDIO.....	49
3.3 RECOPIACIÓN Y ESTIMACIÓN DE DATOS	51
3.3.1 FUENTE DE DATOS.....	51
3.3.2 TIPO DE INFORMACIÓN	51
3.3.3 INFORMACIÓN SIG	53
3.3.4 ESTIMACIÓN DE DATOS GEOTÉCNICOS	53
3.4 CLASIFICACIÓN DE DATOS	56
3.5 RESUMEN ACTIVIDADES	58
3.6 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	59
CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DE EDIFICIOS	60
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL INVENTARIO	60
4.2 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN.....	62
4.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO	66
4.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EDIFICIOS.....	67

4.5 EDIFICIOS MÁS ALTOS	72
4.6 EDIFICIO REPRESENTATIVO	74
4.7 ANÁLISIS DE DATOS	80
4.7.1 EVOLUCIÓN DE NORMA CHILENA	80
4.7.2 CONDICIONES DEL SUELO	82
4.7.3 PLAN REGULADOR COMUNAL	83
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	89

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Esfuerzo de corte basal, NCh 433 Of. 72.....	30
Ecuación 2: Coeficiente dinámico para $T \leq T_o$, NCh 433 Of. 72	30
Ecuación 3: Coeficiente dinámico para $T > T_o$, NCh 433 Of. 72	30
Ecuación 4: Solicitación por superposición modal, NCh 433 Of. 72	30
Ecuación 5: Esfuerzo de corte para $T \leq T_o$, NCh 433 Of. 72.....	31
Ecuación 6: Esfuerzo de corte para $T > T_o$, NCh 433 Of. 72.....	31
Ecuación 7: Esfuerzo de corte basal, NCh 433 Of. 93.....	32
Ecuación 8: Coeficiente sísmico, , NCh 433 Of. 93	33
Ecuación 9: Aceleración espectral de diseño, NCh 433 Of. 93	33
Ecuación 10: Factor de amplificación de la aceleración efectiva máxima, NCh 433 Of. 93. 33	
Ecuación 11: Factor de reducción de la aceleración espectral, NCh 433 Of. 93	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Plano de Viña del Mar año 1892, sector Población Vergara.....	17
Figura 2: Plano de Viña del Mar año 1923.....	18
Figura 3: Plano actual de la Población Vergara con numeración de manzanas.....	19
Figura 4: Zonas del P.R.C. año 1980 de la Población Vergara	25
Figura 5: Zonas del P.R.C. año 2002 de la Población Vergara	26
Figura 6: Zonas del P.R.C. año 2016 de la Población Vergara	27
Figura 7: Tipos de Sismos en Chile.....	36
Figura 8: Mapa con las zonas de ruptura de los terremotos más importantes en Chile Central	38
Figura 9: Mapa geológico simplificado de la ciudad de Viña del Mar.....	40
Figura 10: Daño generado por los sismos de 1906, 1985 y 2010, y la ubicación de las trazas de la falla Marga-Marga definidas por diversos autores.....	42
Figura 11: Morfología del basamento rocoso en Viña del Mar	44

Figura 12: Profundidad de roca en Viña del Mar	45
Figura 13: Curvas de isoperíodos en Viña del Mar	46
Figura 14: Curvas de isoperíodos en Viña del Mar	46
Figura 15: Plan de trabajo y ejes principales del proceso de estudio.....	48
Figura 16: Ubicación geográfica de Viña del Mar	49
Figura 17: Mapa de delimitación de zona de estudio	50
Figura 18: Estimación de áreas, polígonos y ubicación de la planta a nivel de suelo de los edificios a partir de herramientas SIG.....	53
Figura 19: Interpolación TIN para profundidad de roca.....	54
Figura 20: Interpolación TIN para períodos de suelo	55
Figura 21: Ubicación de ensayos de V_{s30} y numeración de manzanas en la Población Vergara	56
Figura 22: Vista panorámica de la zona de estudio, de izquierda a derecha el Sur y Norte ..	60
Figura 23: Mapa de distribución espacial de número de pisos sobre nivel de suelo	61
Figura 24: Edificios más altos de la zona de estudio.....	74
Figura 25: Edificio Novotel, ubicado en calle 6 norte.....	75
Figura 26: Ubicación geográfica de edificio Novotel.....	76
Figura 27: Plano de arquitectura de primer piso de edificio Novotel	77
Figura 28: Plano de elevación corte A-A de edificio Novotel.....	78
Figura 29: Mapa de interpolación de V_{s30} y tipos de suelos clasificados por normativa NCh433	82

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Población de habitantes de Viña del Mar	20
Gráfico 2: Clasificación de número de edificios por número de pisos sobre nivel de suelo y año de recepción de obra.....	64
Gráfico 3: Distribución porcentual de tipo de suelo clasificados mediante NCh433	67
Gráfico 4: Clasificación de edificios por tipo de ocupación.....	68
Gráfico 5: Número de edificios versus número de pisos sobre nivel de suelo, agrupados por tipo de ocupación	69
Gráfico 6: Número de edificios versus año de recepción definitiva de obra, agrupados por tipo de ocupación	69
Gráfico 7: Clasificación de edificios por tipo de fundación	70
Gráfico 8: Número de edificios versus número de pisos bajo el nivel de suelo, agrupados por tipo de fundación.....	71
Gráfico 9: Número de edificios versus año recepción definitiva de obra, agrupados por tipo de fundación	71
Gráfico 10: Número de edificios versus profundidad de roca, agrupados por tipo de fundación	72
Gráfico 11: Altura de edificios versus año de recepción definitiva e indicadores de alturas	73

Gráfico 12: Altura de edificios versus año permiso de obra nueva, con año de normativas y terremotos importantes.....	81
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen de Actividades Económicamente Activa en número de habitantes de Viña del Mar, Región de Valparaíso y Chile.....	21
Tabla 2: Resumen comparativo de condiciones de edificación y subdivisión predial entre P.R.C. de Viña del Mar: Población Vergara	27
Tabla 3: Clasificación de suelos, con T_0 parámetro dimensional.....	30
Tabla 4: Definición de los tipos de suelos de fundación.....	31
Tabla 5: Valor de los parámetros que dependen del tipo de suelo.....	32
Tabla 6: Clasificación sísmica del terreno de fundación	34
Tabla 7: Resumen de ensayos ReMi y DownHole en la Población Vergara	47
Tabla 8: Campos de datos del inventario de edificios	56
Tabla 9: Porcentajes de información del total de edificios estudiados para distintas fuentes	62
Tabla 10: Porcentajes de información arquitectónica y legal de los edificios	62
Tabla 11: Porcentajes de información estructural de los edificios.....	63
Tabla 12: Porcentajes de información geotécnica de los edificios	63
Tabla 13: Resumen de número de edificios por altura y año de permiso de obra nueva	65
Tabla 14: Resumen de porcentaje de edificios por altura y año de permiso de obra nueva ..	65
Tabla 15: Información general de edificio Novotel	76
Tabla 16: Información geográfica y geométrica de edificio Novotel	79
Tabla 17: Información estructural de edificio Novotel	79
Tabla 18: Información geotécnica de edificio Novotel.....	80

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos y estudios en la disciplina de la ingeniería sísmica han permitido una evolución favorable en el análisis sísmico de las estructuras. Gracias a los aportes de expertos a través de una gran cantidad de estudios y la aplicación de nuevas metodologías, en las últimas décadas, se ha logrado avanzar bastante en la estimación del desempeño sísmico de estructuras. A nivel internacional, uno de los estudios más relevantes consiste en el trabajo realizado en la ciudad de San Francisco, EE. UU., el cual consta de un análisis regional de carácter geotécnico y estructural de dicha ciudad (Applied Technology Council, 2018). Donde uno de los elementos más importantes para realizar este tipo de estudios es la disposición de información actualizada y específica de las edificaciones de la zona de estudio, lo que suele denominarse modelo de exposición.

Por lo que una de las razones principales de esta memoria es condensar estudios previos e información existente de la Población Vergara, que además es una zona muy estudiada en diversas disciplinas, siendo el centro histórico y el sector más longevo de la ciudad de Viña del Mar. Por esta razón el objetivo principal de este documento es generar una base de datos con información geográfica, geométrica, estructural y geotécnica de los edificios sobre cuatro pisos en la ciudad de Viña del Mar: sector Población Vergara, a partir de la información existente en los registros de la Municipalidad y estudios anteriores.

Para la realización de este trabajo fue necesario disponer de una gran cantidad de información, y llevar a cabo ciertos lineamientos generales en las etapas del proceso de búsqueda, recopilación y consolidación de la información. Para ello este proceso se dividió en cinco etapas, las cuáles son: definición de la zona de estudio, recopilación de información, caracterización de la zona de estudio, análisis de la información y finalmente el reporte final que culmina con un base de datos de las edificaciones de la Población Vergara.

Los alcances de esta tesis residen en que la información final está destinada a los edificios mayores a cuatro pisos, relativizando edificios de alturas medias a altas, el cual permitiría estudiar con mayor interés el comportamiento de los edificios altos de la ciudad, por tanto, este límite filtra todas las edificaciones menores y que tienen mayor concentración en esta zona incluyendo patrimonios históricos, casas, y edificaciones de menor altura.

Los principales aportes de este documento son: proporcionar un modelo de exposición con información actualizada y condensada con enfoque arquitectónico, estructural y geotécnico, y establecer un archivo SIG con información geográfica de las plantas de los edificios, junto a la información detallada asociada a cada edificio de la base de datos.

Este informe se organiza con el Capítulo 1 definiendo el problema; continuando con el Capítulo 2, que describe el marco teórico bajo un contexto histórico, normativo y geotécnico de la zona en estudio; el Capítulo 3, presenta la metodología aplicada, incluyendo el proceso de estudio y detalles de la recopilación y estimación de información mediante la clasificación de datos; el Capítulo 4, con una caracterización de la zona en base a los edificios estudiados frente a los resultados obtenidos y comentarios sobre estos, también se presenta un edificio a modo de ejemplo con la información obtenida; y culmina con el Capítulo 5, con las conclusiones del informe.

CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El litoral central de Chile, específicamente en la V Región, ha estado sometido en el último siglo a grandes terremotos, ocurridos en 1906, 1985 y 2010, provocando daños severos en algunas edificaciones en el sector del Plan de Viña del Mar (Aguilar, 2012). Muchos de los edificios fueron dañados en los dos últimos eventos, lo que en algunos casos obligó a la demolición de dichas estructuras (Pérez, 2012). A su vez en esta zona afectada, los edificios altos se encuentran parcialmente agrupados y las condiciones de suelo son variables (Carpenter, et al., 2011).

En las últimas décadas se han implementado nuevas metodologías para estimar el desempeño sísmico de las estructuras, las cuáles han despertado mucho interés. Uno de los estudios a nivel internacional en esta área consiste en el trabajo realizado en la ciudad de San Francisco, EE. UU., el cual consta de un análisis regional de carácter geotécnico y estructural de dicha ciudad (Applied Technology Council, 2018). En este contexto, uno de los elementos más importantes para realizar este tipo de estudios es la disposición de información actualizada y específica de las edificaciones de la zona de estudio, lo que suele denominarse modelo de exposición.

Actualmente existen variadas investigaciones aplicadas en la zona central del plan de Viña del Mar: La Población Vergara. Esta memoria busca generar una base de datos a partir de una recopilación de información existente en distintas fuentes, entre ellas: los registros de recepción de obras definitiva de la Dirección de Obras Municipales (que en adelante llamaremos D.O.M.), Plan Regulador Comunal (Vargas, 2016), información satelital de la zona de estudio, y el estudio realizado en Viña del Mar de los efectos del sismo de 1985 (Ridell, Wood, & De La Llera, 1987). Las principales contribuciones de este documento son: proporcionar un modelo de exposición con información actualizada y condensada con enfoque arquitectónico, estructural y geotécnico, y establecer un archivo SIG con información geográfica de las plantas de los edificios.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Generar una base de datos con información geográfica, geométrica, estructural y geotécnica de los edificios sobre cuatro pisos en la ciudad de Viña del Mar: sector Población Vergara, a partir de la información existente en los registros de la Municipalidad y estudios anteriores.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Georreferenciar las plantas de edificios sobre 4 pisos en la zona de estudio y obtener polígonos de coordenadas.
- 2) Caracterizar la información geométrica y estructural de edificios sobre 4 pisos en la zona de estudio.
- 3) Caracterizar la información geotécnica (velocidad de ondas de corte en la superficie, período fundamental del suelo y profundidad de la roca) en edificios sobre 4 pisos en zona de estudio.
- 4) Obtener mapa de distribución espacial de edificios sobre 4 pisos concentrados en la zona de estudio

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.2 ANTECEDENTES DE LA CIUDAD

2.2.1 INICIOS DE VIÑA DEL MAR

La ciudad de Viña del Mar, ubicada al norte del estero Marga-Marga, es producto de un proceso de transformación urbano generado de manera inicial durante el período de la conquista. Pedro de Valdivia dividió el Valle del Peuco -denominación dada por los Changos- emplazando dos grandes haciendas divididas por el estero Marga-Marga.

Viña del Mar, tal como es conocida hoy en día, se conformó después de la conjunción de las dos grandes haciendas: “La Viña de la Mar” que comprendía desde la ribera Norte del estero hasta la haciendilla de Reñaca; y “Las Siete Hermanas” ubicada al sur del Marga-Marga, cuyos límites iban desde la ribera Sur hasta el sector del “Rodeo del Lillo” (Rodelillo) y desde el sector del “Puente Las Cucharas”, hasta el Cerro Barón. Estas haciendas por siglos estuvieron en manos de diferentes dueños, siendo utilizadas principalmente para producir vinos. Debido a esto, la conjunción recibió el nombre por la gente del sector como “la Viña de Riberos”, por su dueño Don Alonso de Riberos, o de una forma más coloquial como “La Viña de la Mar”, que finalmente terminó por convertirse en el nombre de la localidad (Montaner, 2007).

Esta localidad nació del deseo de José Francisco Vergara Etchevers, un joven a cargo de la supervisión de las faenas de construcción del tendido ferroviario que atravesaban las haciendas. La construcción de las líneas férreas alteraría el tramado urbano del sector. Esto, sumado al conjunto de detonantes geográficos propios de la zona tales como la escasez de suelos planos en Valparaíso, saturación de usos entre productivos y deteriorantes con residenciales y comerciales, provocaría el surgimiento de la población. Por lo que fue presentado a don Francisco Echaurren, Intendente de Valparaíso, un plan urbanizador -y el primero- junto a una solicitud de autorización para la fundación de la ciudad (Vargas, 2016).

Con las solicitudes de autorización aprobadas, el 29 de diciembre del mismo año, 1874, la ciudad adquiere oficialmente el nombre de "Viña del Mar". Posteriormente, en 1878 se constituye la municipalidad de Viña del Mar, a partir de lo cual comenzaría el desarrollo de la ciudad siendo impulsado por los asentamientos de las industrias como el CRAV (Compañía Refinería de Azúcar de Viña del Mar), Lever & Murphy Co., Viña del Mar Electric Company, entre otras. Esto proporcionaría modernidad y desarrollo industrial, incentivando el poblamiento de la ciudad (Armijo, 2009).

La conexión de las ciudades Viña del Mar y Valparaíso a través del ferrocarril permitió a la ciudad dotar de un emplazamiento estratégico con el sistema productivo - residencial que ya poseía en ese entonces Valparaíso. Este vínculo entre ciudades permite a la zona atraer a visitantes estacionales, a trabajadores establecidos en los alrededores y a familias acaudaladas y reconocidas dentro del quehacer nacional, que años más tarde levantarían casas especialmente en las calles Álvarez y Viana. Debido a la creciente expansión de la ciudad, esta se dividirá en dos áreas, al sur del estero como un sector consolidado con diversidad en hotelería y comercio, en su mayoría, mientras que en la zona norte del estero se ubican los usos industriales, que además cuenta con el muelle facilitando el transporte de materiales (Vargas, 2016).

Uno de los hitos que marcaría el proceso de transformación de la ciudad es el terremoto ocurrido el 16 de agosto de 1906, el cuál dejaría a la ciudad de Valparaíso con bastantes daños. Los efectos del sismo no desalentaron a la población, sino que impulsó la reconstrucción de la ciudad con rapidez (Quezada, Henríquez, & González, 2006), generando un traslado del sector industrial y residencial a la incipiente ciudad contigua, dándole momentáneamente un carácter industrial-residencial, situación que se extendería por un par de décadas.

Debido a la deficiente infraestructura del balneario que caracterizaba a Viña del Mar en las primeras décadas del siglo XX, esto constituiría una implantación estatal producto de un proceso de transformación cultural en 1930. La “mano visible del Estado” genera nueva infraestructura en la ciudad dándole un estatus de ciudad temática a través de la construcción del primer casino legal del país, un estadio de fútbol, velódromos, modernización del balneario de Recreo, establecimiento del Hotel O’Higgins, la construcción de la residencia de descanso presidencial en el Cerro Castillo y numerosas obras de mejoramiento urbano. Esto generó un evidente adelanto para la ciudad otorgando un carácter distintivo a Viña del Mar, mutando a una cultura urbana de turismo de fin de semana y de vacaciones estivales (Booth, 2003).

La construcción del Casino Municipal se convierte en la piedra angular de prestigio y fama a nivel internacional de la ciudad, como también de su infraestructura, patrimonio y cultura, dotando económicamente al desarrollo de Viña del Mar y Valparaíso. Esta obra ubicada en la principal zona industrial contribuyó a la lenta transformación de la zona en un barrio de carácter residencial y turístico, lo que ya en ese entonces se conocía ampliamente como la “Población Vergara”.

2.2.2 LA POBLACIÓN VERGARA

A fines del siglo XIX esta zona es conocida ampliamente como un sector poblado en la ciudad, aun así, este no presentaba un ordenamiento formal. Gran parte de su territorio estaba conformado por arenales. Esta situación cambia a medida que los trabajos se realizan en el cauce del estero Marga-Marga, comprendiendo enderezamientos del cauce junto a las construcciones de los puentes Libertad y el de paso ferroviario, dándole un rol más protagónico al sector norte de la ciudad en las décadas siguientes (De Araujo, 2017).

Inicialmente, se generó una expansión debido al loteo de Viña del Mar en 1874, aunque no se proyectó originalmente hacia el borde marítimo, la actividad balnearia terminó atrayendo a veraneantes y paseantes, rompiendo la orientación mediterránea de Viña del Mar que en ese entonces era dominada por usos industriales. Esto permitió convertir el amplio paisaje que brinda la contemplación del mar abierto, en un activo importante para la ciudad.

Uno de los primeros esfuerzos en regularizar Viña del Mar es propiciado por los primos Salvador Vergara Álvarez (hijo de José Francisco Vergara) y Francisco Valdés Vergara, formalizando en 1892 el loteo de los arenales. Este ordenamiento oficial de la Población Vergara define como eje principal la Avenida Libertad, dándole a este sector un poblamiento más efectivo. La Figura 1 muestra la composición de las cuadras que integra la ciudad, su ordenamiento en cuadrícula se ha conservado sin grandes variaciones. Existen diferencias entre el plano proyectado y lo construido, generándose “manzanas adicionales” (Vargas, 2016).

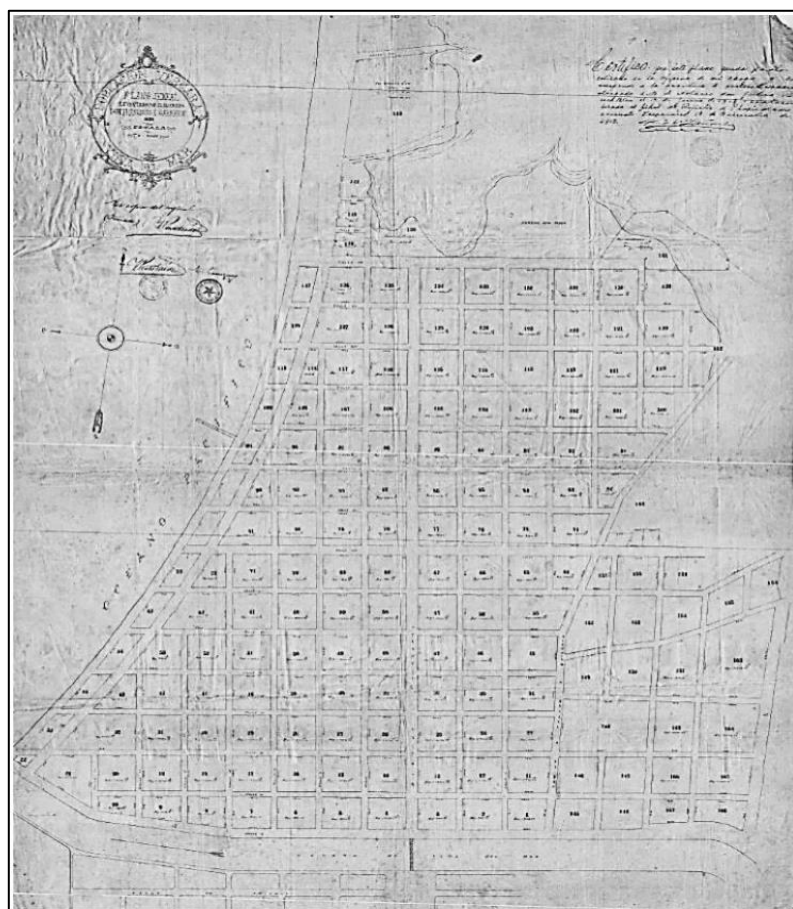


Figura 1: Plano de Viña del Mar año 1892, sector Población Vergara

Fuente: Archivo CBR de Valparaíso

Elaboración: Ingeniero Francisco Garnham

La ciudad poco a poco comenzaría a redefinir el proyecto urbano a favor de su potencial balneario, tal y como se vería ratificado con la construcción del Casino junto al mejoramiento de la infraestructura de puentes, obras de encauzamiento del estero, y el enrocado de la Av. Perú. De esta forma, se daría inicio al poblamiento residencial, incorporando las primeras edificaciones habitacionales, correspondiente a casas y casonas. A partir de este momento, la transformación predial de la Población Vergara sufriría grandes cambios.

Los suelos industriales conviven junto a la urbanización en sus inicios. Esta sectorización concentraba la urbanización en la zona sur de la Población Vergara. La ocupación de estos territorios dejaba zonas libres hacia el Norte. Como indica la Figura 2, el sector lo compone una trama urbana con sectores vacíos (De Araujo, 2017) y de manera paulatina, la ciudad se consolida en los alrededores de la costa y el estero Marga-Marga.

Hacia finales de la década de los 60's, el uso industrial se concentra principalmente en el sector norte de la Población Vergara y representa sus últimas instalaciones antes de su conversión definitiva en un sector residencial y comercial, que tendría lugar a finales del siglo XX (Vargas, 2016).

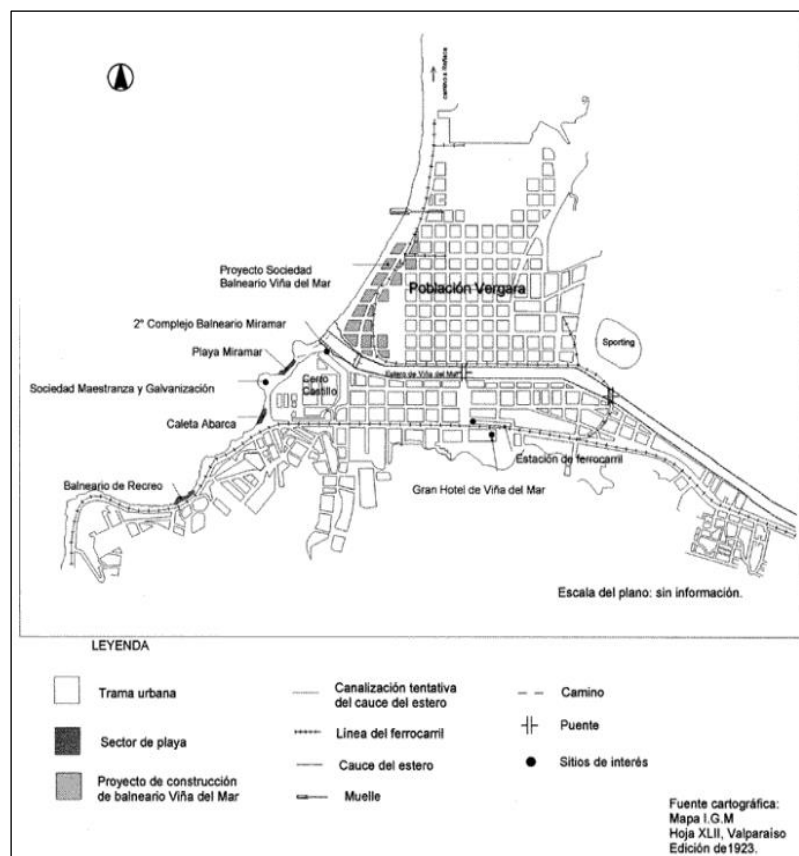


Figura 2: Plano de Viña del Mar año 1923

Fuente: EURE, Santiago Vol. 28 N° 83, 2002

Elaboración: Mapa I.G.M.

Ya en la década de los 60's, la imagen y vocación turística de la ciudad es reforzada con la incorporación de nuevas políticas que liberan el borde costero de las instalaciones industriales existentes. El espacio público es orientado para dar una proyección definitiva a la ciudad como destino turístico. La demanda creciente de este sector ha dotado a la ciudad de diversos servicios orientados a los habitantes locales e intercomunales, enfocándose en servicios turísticos.

Entre los años 60's y 70's, a pesar de la creciente demanda de la zona, se mantiene la tipología de construcción de edificios de baja altura (4 pisos). No es hasta finales de los años 70's que aparecen edificaciones con alturas mayores de 8 pisos ubicados en el sector de Libertad con 1 Norte. Este tipo de construcción es el comienzo de la "verticalización" de los edificios, donde las primeras construcciones de mediana altura mantenían el tamaño predial en su formato original y ya hacia los años 80's se comienza con la fusión de terrenos para el desarrollo de edificios de mayor altura.

A partir de la década de los 80's, Viña del Mar progresa de manera rápida debido a los cambios en la política económica chilena, la reducción de la participación del gobierno en materias económicas propició la inversión extranjera (Ridell, Wood, & De La Llera, 1987). Esto impulsó el negocio inmobiliario orientado a edificios medianos y altos, variando de los 5 a 22 pisos.

Coincidentemente, las regulaciones de edificaciones comenzarían de manera oficial y local en 1980, donde se publica el primer Plan Regulador Comunal de la ciudad (De Araujo, 2017). Este documento intenta formalizar las autorregulaciones llevadas a cabo en las obras de años anteriores. Más adelante, en la época de los años 2000, este documento sería modificado y sufriría variaciones de acuerdo con las nuevas necesidades urbanas de la ciudad. La Figura 3 muestra la distribución actual de la ciudad con la numeración de sus “manzanas” junto a las obras históricas detonantes para su crecimiento urbano.

Actualmente la Población Vergara se desarrolla en base a la tipología de edificio mixto comercial-residencial, los emprendimientos buscan maximizar el uso de los suelos desarrollando edificaciones superiores a los 20 pisos con grandes concentraciones de habitantes. Viña del Mar es uno de los municipios más poblados de la región y del país (Instituto Nacional de Estadísticas, 2017). Esta concentración de la población ha inducido una intensificación en la consolidación del sector de Población Vergara. Si bien los predios disponibles cada vez son más escasos, el proceso de área céntrica consolidada aún está lejos de finalizar (Vargas, 2016), definiendo a esta zona como un espacio de carácter turístico, residencial y comercial, distanciándose definitivamente de la configuración industrial de sus inicios.

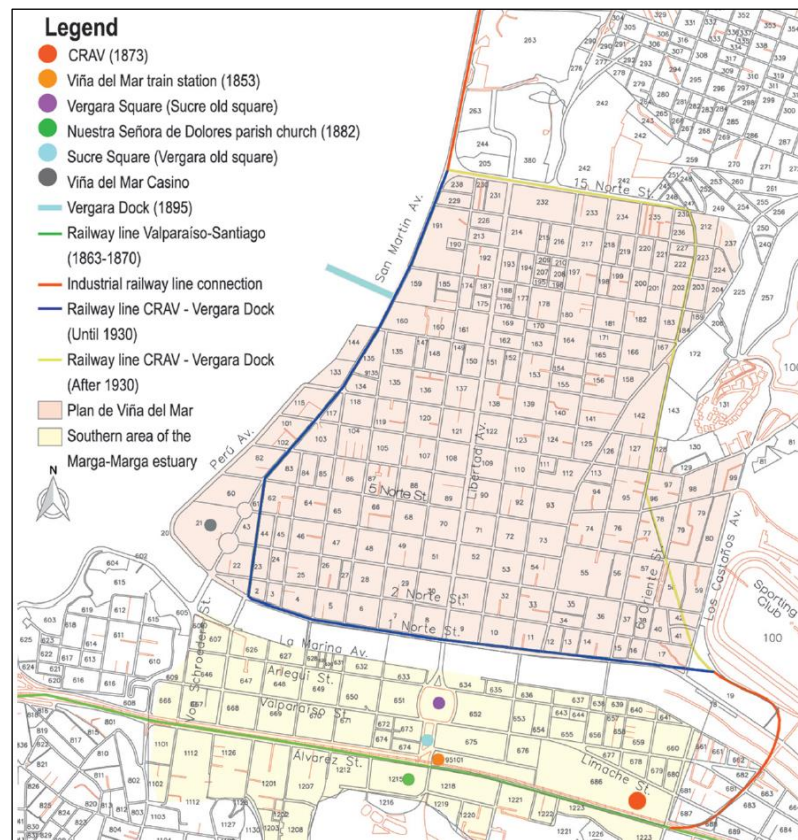


Figura 3: Plano actual de la Población Vergara con numeración de manzanas

Fuente: Villavicencio & Suazo (2022)

Elaboración: Villavicencio & Suazo (2022)

2.2.3 DESARROLLO Y CRECIMIENTO POBLACIONAL

Viña del Mar es la sexta comuna más poblada del país con una población de 334.248 personas según el último Censo del 2017 (ver Gráfico 1), la cual se ve incrementada considerablemente en verano con una población flotante que sobrepasa las 200.000 personas. El crecimiento poblacional de la comuna, con un 14,8% entre 1982-1992, es inferior al crecimiento del país en ese mismo período. En cambio, para el período 2002-2017 hubo un incremento de un 16,48% en cantidad de habitantes, superando la variación a nivel Nacional de 16,26%. Sin embargo, en relación con el área del Gran Valparaíso, su concentración demográfica es significativa, concentrando actualmente el 35,1% del total de habitantes de esta área urbana.

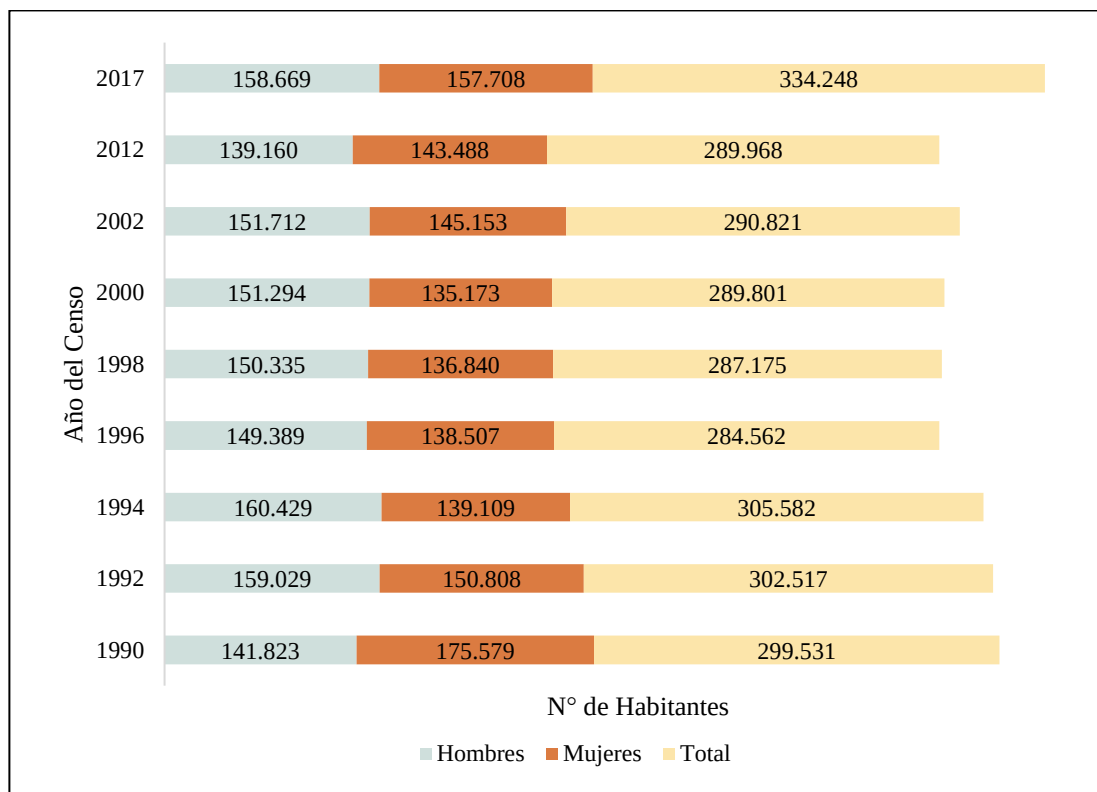


Gráfico 1: Población de habitantes de Viña del Mar

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas

Elaboración: El autor

Actualmente, la ciudad está constituida por 12 sectores. Esta conformación territorial de la comuna se caracteriza por una zona centro o plan, que corresponde a los sectores más antiguos y característicos de la ciudad, en el cual se localiza casi la totalidad de los servicios y actividad comercial, así como un sector residencial importante de la población de mayores recursos. En este sector vive alrededor del 12% de los habitantes de la comuna, y es a la vez el sector con mayor población de Viña del Mar (Aguirre, 2013). El resto de la población se localiza en los territorios o sectores vecinales que se ubican en los cerros aledaños al Plan, con características predominantemente residenciales compuestos de estratos sociales medios y bajos, a excepción de las zonas de Recreo-Agua Santa y Reñaca Bajo, donde predominan los grupos económicos medios y altos. Los sectores populares son: Nueva Aurora, Forestal,

Chorrillos en la zona Sur; Santa Inés, Miraflores, Achupallas, Santa Julia, Gómez Carreño, Glorias Navales y Reñaca Alto, en la zona Norte; Limonares, Canal Beagle, Villa Dulce, El Olivar y Villa Hermosa, en la zona Oriente (Bustos, 2017).

La mayor parte de la población residente trabaja en la ciudad de Viña del Mar. Sin embargo, hay una relación de intercambio importante entre Valparaíso y Viña del Mar, que alcanza al 18% de la Población Económicamente Activa (PEA) en Valparaíso (que trabaja o estudia en Viña del Mar) mientras que el 12% de quienes viven en Viña del Mar se dirigen a Valparaíso por motivos de estudio o trabajo. Ambas ciudades mantienen también una relación funcional importante con Quilpué y Villa Alemana (Aguirre, 2013).

Las actividades económicas desarrolladas por la población de ambas ciudades son similares en cuanto a su diversidad y también en cuanto a su importancia relativa en términos de la cantidad de población empleada. De acuerdo al Servicio de Impuestos Internos (ver Tabla 1), hay un claro predominio de las actividades terciarias, siendo la construcción y el comercio los principales motores del empleo en estas comunas. Se observa un grado de especialización de los servicios turísticos, debido principalmente al tipo de construcción en algunos sectores de la Población Vergara. Este modelo trasciende de una escala regional a un nivel Nacional, donde el gran atractivo turístico y el dinamismo de esta zona es coincidente con el desarrollo inmobiliario. Esto genera una oferta en segundas viviendas, junto a servicios de hotelería, hospedaje, restaurantes, cafeterías y otros. Incluyendo también el crecimiento de servicios esenciales, tales como establecimientos de salud y educacionales. La gran variedad de servicios dota a la ciudad de una economía estable enfocada en el turismo, siendo una de las actividades económicas principales actuales junto al deporte y la cultura (Vargas, 2016).

Tabla 1: Resumen de Actividades Económicamente Activa en número de habitantes de Viña del Mar, Región de Valparaíso y Chile

Actividad Económica	Viña del Mar	V Región	Chile
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	1.742	74.891	1.007.039
Pesca	24	1.199	77.761
Explotación de minas y canteras	531	3.536	102.305
Industrias manufactureras no metálicas	10.826	40.398	731.526
Industrias manufactureras metálicas	5.300	28.271	382.759
Suministro de electricidad, gas y agua	594	4.940	69.181
Construcción	34.087	92.600	1.431.107
Comercio al por mayor y menor, repuestos automotores/enseres domésticos	22.826	1.055.425	1.484.304
Hoteles y restaurantes	9.002	29.166	331.878
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	9.915	49.201	493.584

Fuente: Servicio de Impuestos Internos (2016)

Elaboración: El autor

Tabla 1: (Continuación) Resumen de Actividades Económicamente Activa en número de habitantes de Viña del Mar, Región de Valparaíso y Chile

Actividad Económica	Viña del Mar	V Región	Chile
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	27.959	78.877	1.197.007
Administración pública y defensa, planes de seguridad social afiliación obligatoria	21.865	39.863	411.714
Enseñanza	11.405	44.833	484.458
Servicios sociales y de salud	14.434	29.045	257.528
Otras actividades de servicios comunitarias, sociales y personales	3.762	22.030	283.794
Consejo de administración de edificios y condominios	459	1.418	9.087
Organizaciones y órganos extraterritoriales	0	14	427
Sin información	63	239	1.566

Fuente: Servicio de Impuestos Internos (2016)

Elaboración: El autor

2.3 ANTECEDENTES NORMATIVOS

2.3.1 CONFIGURACIÓN URBANA

Viña del Mar goza de una composición urbana muy variada. Anteriormente se ha mencionado la gran cantidad de servicios que definen la zona céntrica de esta ciudad, permitiéndole un desarrollo variado con un dominio de la ocupación residencial en la mayoría de las edificaciones del plan. Esto demuestra un gran proceso de transformación respecto a las ocupaciones de los suelos que inicialmente fueron de tipo industrial.

El trazado original del plano de la Población Vergara se ha conservado en gran parte respecto a su composición inicial, existiendo transformaciones de tamaños de los predios que conforman las manzanas de la ciudad. Este proceso de división y unificación predial, junto a la urbanización de la ciudad, está fuertemente relacionado con el crecimiento de la población en la comuna, la plusvalía de los predios y las nuevas formas de construcción en altura. Si bien esta evolución ha estado marcada principalmente por los planes de regulación comunal, según Vargas (2016) se identifican distintas fases de división predial a lo largo de los años:

- **Período fundacional 1874-1930:** Predios originales de gran tamaño ocupados por primeras edificaciones residenciales compuestas por casonas aisladas con grandes jardines, y también por establecimientos industriales. A finales de este período la expansión industrial ocurre en el sector norte de la Población Vergara y desde la zona habitacional hacia el centro histórico como área residencial.
- **Período 1930-1960:** Desplazamientos de los establecimientos industriales debido al uso residencial de los terrenos. Los grandes predios comienzan a subdividirse permitiendo una mayor densidad poblacional. Esta subdivisión da origen a los primeros pasajes de la ciudad tanto en la zona norte como en la zona sur. Esta tipología de división propicia la construcción de casas y casonas a menor escala junto a la edificación pareada. En este período se acelera la subdivisión predial.

- **Período 1960-1980:** Durante este período se establece la verticalización de las viviendas. En sus inicios se construyen condominios y, a medida que hay mayor división de predios, las inmobiliarias inician construcciones de edificios de baja altura (3-4 pisos). Los primeros edificios de gran altura mantienen los tamaños de los predios aumentando la densificación de la zona. Más adelante, se fusionarían los terrenos, de manera contraria a lo que en ese entonces se realizaba con los predios, dando paso al desarrollo de edificios de mayor altura y rompiendo así la regla de los 4 pisos, para llegar a alturas mayores de 8 pisos.
- **Período 1980-Actualidad:** Al iniciar este período, y frente a un gran crecimiento económico, la aprobación del primer Plan Regulador Comunal permite a la ciudad dotar de edificios de gran altura variando entre 5 y 22 pisos, concentrándose en gran parte en edificios no mayores a 12 pisos. Estas estructuras también están dotadas de grandes espacios verdes, y los edificios altos se concentran en el borde costero. En los años siguientes, la fusión predial aumenta debido a la escasez de terrenos amplios, haciéndose más habitual la verticalización. También los emprendimientos más recientes buscan maximizar el uso de los suelos y el aprovechamiento de las condiciones de edificación, determinando la fusión de varios predios (entre 4 y 8) para desarrollar edificaciones superiores a los 20 pisos.

En resumen, la Población Vergara ha tenido un proceso de transformación continua desde su origen hasta hoy. En la actualidad, el sector es reconocido como un área céntrica consolidada, que en las últimas décadas ha mostrado intensificación, con una velocidad de crecimiento y densificación crecientes. Esto significa que actualmente este sector se desarrolla a un ritmo superior en relación con su crecimiento demográfico típico, lo cual es indicativo de la velocidad de reemplazo de las tipologías de edificación (Vargas, 2016). Esta situación se refleja por el proceso de densificación habitacional de las manzanas del sector en relación con el crecimiento poblacional de la comuna.

2.3.2 PLAN REGULADOR COMUNAL

El Plan Regulador es un instrumento de carácter normativo de planificación territorial que busca reflejar la identidad de la comuna, evaluar la realidad de esta y, así, proyectar el crecimiento de la ciudad de forma sustentable, equitativa y con enfoque en el desarrollo sostenible del territorio. Como herramienta que ordena el crecimiento de una ciudad, un Plan Regulador Comunal (P.R.C.) define una serie de materias relativas al uso de suelo, el cual es definido por la Ley General de Urbanismo y Construcciones (L.G.U.C.), y es reglamentado por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.). También opera como el conjunto genérico de actividades que el Instrumento de Planificación Territorial admite o restringe en un área predial, para autorizar los destinos de las construcciones o edificaciones. Asimismo, el P.R.C. determina la zonificación del territorio, lo que permite encauzar el ordenamiento territorial y establecer normas de usos permitidos y no permitidos.

Dentro de sus atribuciones, un P.R.C. contiene disposiciones específicas, referidas a zonificación y normas delimitadas, lo que contempla todas aquellas normas técnicas relativas a las zonas, subzonas, sectores o porciones específicos del territorio. Estas normas técnicas, se entenderán como las normas urbanísticas contenidas en la L.G.U.C., en su O.G.U.C., y en los Instrumentos de Planificación Territorial (I.P.T.), que afecten a edificaciones, subdivisiones, fusiones, loteos o urbanizaciones.

En el caso específico de un P.R.C., en su ordenanza local, definirá las zonas, sectores o porciones específicas del área urbana de la comuna, en las que se establecerán las condiciones de emplazamiento para los distintos tipos de usos o desarrollo de actividades. Determinando así, las prioridades en la urbanización de terrenos para la expansión de la ciudad.

Para el caso de Viña del Mar, el P.R.C. vigente consta de versiones anteriores que datan de los años 30, donde existió un "Anteproyecto Plano Oficial de Urbanización para la ciudad de Viña del Mar" aprobado en el Decreto N° 5234 del 23 de diciembre de 1938, pero que fue desestimado al poco tiempo y se le consideró obsoleto. Desde entonces, el desarrollo urbano en la ciudad presentaba un carácter fuertemente autorregulado (De Araujo, 2017). Aun así, ya existía la "Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización" aprobada en 1931 y publicada en el Diario Oficial el 6 de febrero de 1936. Más adelante, la actual y denominada Nueva Ley General de Urbanismo y Construcción sería publicada en 1976, Decreto Oficial del 13 de abril de 1976, y la actual Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en 1992 (D.O. 19 de mayo de 1992).

En 1980 se establece el primer Plan Regulador Comunal de Viña del Mar, que definiría el camino para el desarrollo del P.R.C. que se encuentra vigente desde el año 2002, el cual tuvo modificaciones en el 2016. En el transcurso de los 20 años de vigencia de este instrumento, la ciudad ha experimentado profundas transformaciones urbanas que principalmente están dominadas por la creciente influencia que ejerce la Región Metropolitana sobre la costa y por la integración y crecimiento del área metropolitana de Valparaíso.

En esta sección se presentará parte de las condiciones que implica cada zona dentro de la Población Vergara. La totalidad de la información se encuentra disponible en los documentos oficiales publicados en el Diario Oficial para cada caso. Aun así, la versión última y vigente corresponde al P.R.C. del año 2002 con las modificaciones de 2016.

2.3.2.1 Plan Regulador Comunal de 1980

D.S. N° 329 (MINVU) el 20 de noviembre de 1980 se aprueba el plan regulador comunal de Viña del Mar, publicado en el diario oficial el 17 de diciembre de 1980. Establece para el sector de la Población Vergara una zonificación H-1 y C tal como indica la Figura 4, y en la zona norte identificado por RM, que para esa época correspondía a territorios sujetos a disposiciones de las Fuerzas Armadas de Chile.

Los usos de los suelos correspondientes para zona H-1:

Usos permitidos: Vivienda, comercio, oficinas, equipamiento, artesanías e industrias inofensivas y no molestas, áreas verdes.

Usos prohibidos: Industrias y artesanías peligrosas, molestas y/o contaminantes.

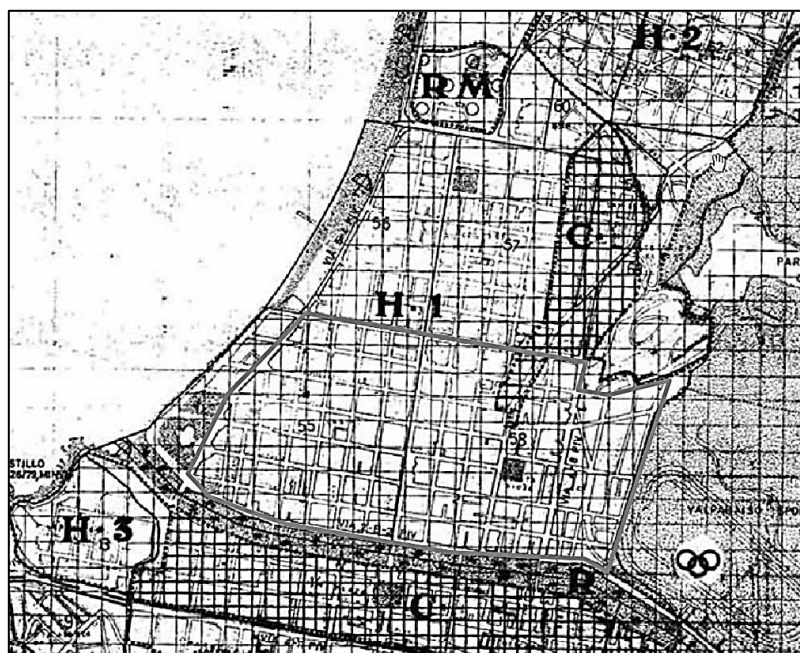


Figura 4: Zonas del P.R.C. año 1980 de la Población Vergara

Fuente: Portal Web Observatorio Urbano del MINVU
Elaboración: P.R.C. Viña del Mar año 1980

2.3.2.2 Plan Regulador Comunal de 2002

D.A. N° 10.949/2002 publicado en Diario Oficial el 13 de diciembre del 2002, estableciendo 6 zonificaciones principales para la Población Vergara, como lo indica la Figura 5, estos son Zonas E2, E5, E8, V6-a y V6-b.

Los usos de los suelos correspondientes para zona V6-a y V6-b:

Usos permitidos: Vivienda, hoteles, hosterías, restaurant, supermercado, local comercial, museo, biblioteca, sala de concierto, teatro, casa de la cultura, cine, cancha, piscina, centro deportivo y gimnasio. Clínica, posta, dispensario y consultorio. Oficinas de profesionales. Correo, telégrafo y servicios de utilidad pública. Servicios artesanales inofensivos. Parques, plazas jardines y juegos infantiles.

Usos prohibidos: Todos los no consignados en el punto anterior.

Los usos de los suelos correspondientes para zona E2:

Usos permitidos: Vivienda, hoteles, moteles, residenciales, hospederías, hosterías, museo, biblioteca, sala de concierto, teatro, auditorio, casa de la cultura, cine, cancha, piscina, centro deportivo y gimnasio. Casino. Clínica, posta, dispensario y consultorio. Servicios públicos, servicios profesionales, servicios artesanales inofensivos. Talleres. Parques, plazas, jardines y juegos infantiles.

Usos prohibidos: Todos los no consignados en el punto anterior.

Los usos de los suelos correspondientes para zona E5:

Usos permitidos: Vivienda, hoteles, moteles, residenciales, hosterías, parques de entretenimientos, casinos, juegos electrónicos. Hospitales, clínicas, posta, dispensario y consultorios. Talleres, almacenamientos, establecimientos de impacto similar al industrial. Parques, plazas, jardines y juegos infantiles.

Usos prohibidos: Todos los no consignados en el punto anterior.

Los usos de los suelos correspondientes para zona E8:

Usos permitidos: Hoteles, restaurante, bar, fuente de soda, discoteca, casino y usos complementarios propios de la actividad. Juegos electrónicos.

Usos prohibidos: Vivienda, apart-hotel y todos los no consignados en el punto anterior.

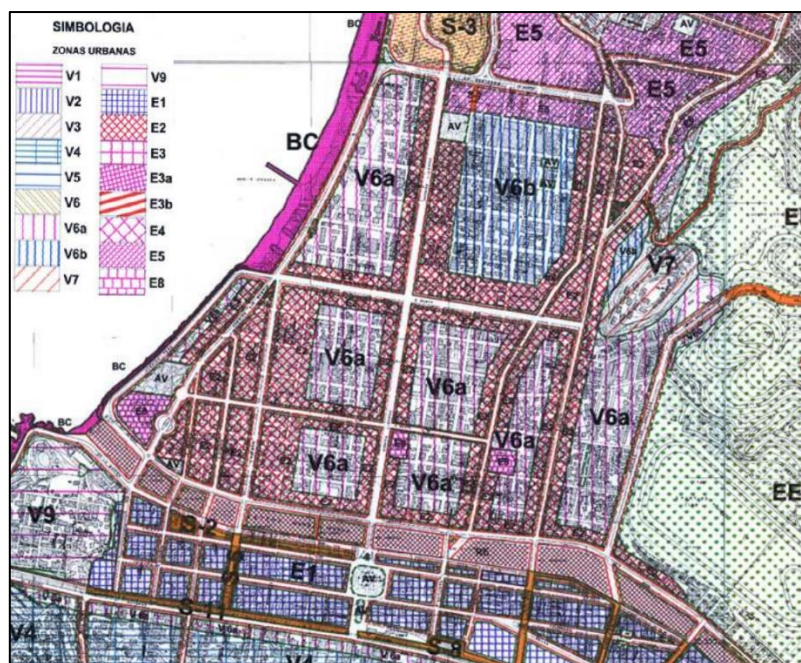


Figura 5: Zonas del P.R.C. año 2002 de la Población Vergara

Fuente: P.R.C año 2002

Elaboración: P.R.C año 2002

2.3.2.3 Modificación al P.R.C., año 2016

D.A. N° 4595/2016 publicado en Diario Oficial el 13 de mayo del 2016, estableciendo 6 zonificaciones principales para el territorio de estudio. Cabe destacar que esta modificación no deja obsoleto el instrumento anterior individualizado como el Plan Regulador Comunal de 2002. Solamente reemplaza algunas de las zonificaciones del territorio graficado (ver Figura 6) siendo las nuevas zonificaciones del barrio las siguientes: V8, V9, E6-c, E6-c1, E7-c, E7-c1, manteniéndose vigente la ordenanza local del mencionado instrumento. Además de las zonificaciones mencionadas, las zonas E6-c y E7-c1 se asocian a los principales ejes viales que presentan desarrollo de tipo comercial y/o de servicio, mientras que las zonas E7-c, V9 y V8 conforman las grandes áreas de perfil residencial-mixtas de la Población Vergara.



Figura 6: Zonas del P.R.C. año 2016 de la Población Vergara

Fuente: P.R.C año 2016

Elaboración: P.R.C año 2016

En general, la evolución de las zonificaciones ha variado respecto a las condiciones de sectores en específicos, a diferencia del primer P.R.C., donde la Población Vergara no estaba dividida en diferentes y numerosos grupos. Esto evidencia a la vez, la libertad de construcción y la poca regulación en términos de condiciones de edificación y subdivisión predial. La Tabla 2 muestra resumidamente la diferencia en estas condiciones en las tres versiones de P.R.C. de la zona.

Tabla 2: Resumen comparativo de condiciones de edificación y subdivisión predial entre P.R.C. de Viña del Mar: Población Vergara

Condiciones de Edificación	P.R.C. 1980	P.R.C. 2002	P.R.C. Mod. 2016
Zonas en Población Vergara	2 (H-1, C)	5 (E2, E5, E8, V6-a y V6-b)	7 (V8, V9, E6-c, E6-c1, E7-c, E7-c1)
Superficie predial mínima [m ²]	320	240-500	500-2000
Frente predial mínimo [m]	-	12-20	12-20
Coeficiente de ocupación de suelo [-]	0,5	0,3-0,75	0,3-0,8
Coeficiente máximo de constructibilidad [-]	2	1,0-2,5	1,5-2,0

Fuente: P.R.C. año 1980, 2002 y 2016

Elaboración: El autor

Tabla 2: (Continuación) Resumen comparativo de condiciones de edificación y subdivisión predial entre P.R.C. de Viña del Mar: Población Vergara

Condiciones de Edificación	P.R.C. 1980	P.R.C. 2002	P.R.C. Mod. 2016
Altura máxima [m]	Según O.G.U.C.	Según O.G.U.C.	7-39
Densidad neta máxima [hab/ha]	-	955-1.734	980-1.096
Antejardín (ancho mínimo)	3 m. en edificios de más de 4 pisos, la profundidad del antejardín aumentará en 1 m por cada 4 pisos o fracción.	Tipo A o B con ancho mínimo entre 3-6 m.	No se define tipo de jardín Ancho mínimo 6 m.
Sistema de Agrupamiento	Aislado-Pareado	Aislado-Pareado-Continuo	Aislado-Aislado sobre Continuo-Continuo

Fuente: P.R.C. año 1980, 2002 y 2016

Elaboración: El autor

Aun así, el primer P.R.C. sentaría las bases para las futuras regulaciones y definiría un hito importante en la regulación urbana local. En cambio, el plan regulador del año 2002 con más de 20 años de diferencia define una cantidad de zonas debido a la versatilidad de usos de la Población Vergara, que busca controlar el crecimiento poblacional del barrio. Esta problemática también sería abordada en el año 2016, donde el principal conflicto sigue siendo la densificación residencial junto al proceso de edificación en altura, teniendo como objetivo mantener la calidad de vida y la identidad urbana que caracteriza al sector.

2.3.3 NORMATIVA CHILENA 433

El terremoto del 1 de diciembre de 1928 en la ciudad de Talca fue uno de los impulsores de la regulación en materia constructiva en el país, teniendo como objetivo “reglamentar las construcciones desde el punto de vista de su estabilidad y establecer los organismos técnicos que debían intervenir en el examen y aprobación de los proyectos de edificación” (Sarrazin, 1986). Así fue como se puso en marcha los estudios que acabaron con el diseño de la Ley General de Urbanismo del año 1929, señalándose en ella la necesidad de un “permiso para construir” las nuevas edificaciones. Posteriormente se dictó un Decreto con Fuerza de Ley, el número 345, promulgado el año 1931, en el que se dictó la Ley General y se incluyó la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Ambas normas empezaron a regir desde el año 1935.

Con el terremoto de Valdivia, año 1960, los legisladores ante esta gran catástrofe iniciaron el estudio de la que sería nuestra primera norma de diseño sísmico para las edificaciones, la NCh433. Esta sería aprobada por INDICTENOR en octubre 1972 y declarada Norma Oficial de la República de Chile por decreto N° 380 de fecha 22 de abril de 1974 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (Sarrazin, 1986). De aquí en adelante, el proceso normativo ya tendría un gran punto de partida lo cual facilitaría nuevas versiones de esta normativa en los años 1993 y 1996, siendo esta última la que se encuentra actualmente vigente con algunas modificaciones introducidas en 2009 y 2011.

Con relación a la normativa diseño sísmico, se puede mencionar lo siguiente:

1. La actualización y calibración de la norma de diseño sísmico se desarrolla principalmente en base a registros de sismos reales de gran intensidad.
2. No obstante, su actualización está estrechamente vinculada a la generación de sismos de gran envergadura, su revisión es motivo de permanente estudio por parte de profesionales especialistas.
3. La norma de diseño sísmico de edificios está orientada a:
 - I. Que las estructuras resistan sin daños movimientos sísmicos moderados.
 - II. Que se limiten los daños en elementos estructurales durante sismos de mediada intensidad.
 - III. Que, aunque se presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa.

A continuación, se describe un breve resumen de la evolución normativa sísmica junto a sus principales cambios respecto a las versiones anteriores:

2.3.3.1 O.G.U.C. año 1935

En Chile, la regulación del diseño y construcción comienza con la creación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Se presentan las primeras disposiciones relacionadas con el diseño sísmico de edificios que consisten en la incorporación de 5 artículos dentro del capítulo XXI de “Soluciones de las construcciones” inherentes al cálculo de las solicitaciones sísmicas y fatigas en los materiales. Los conceptos básicos generales se enmarcan en: coeficientes sísmicos dependientes de las condiciones del suelo en relación con la rigidez de la construcción, validando procedimientos analíticos y experimentales, según normativa, para la determinación del período dependiendo de la altura de la edificación e incorporando el concepto de las ondas sísmicas tanto verticales como horizontales.

La versión siguiente del año 1949 tuvo un rol fundamental en el buen comportamiento sísmico de construcciones que posteriormente estuvieron sometidas a terremotos, constituyendo una forma fácil y segura de diseñar antisísmicamente edificaciones pequeñas.

2.3.3.2 NCh433 Of. 72, año 1972

En 1972 se aprobó la primera norma moderna de diseño sísmico conocida como NCh433 – ‘Cálculo Antisísmico de Edificios’, la cual adoptó los criterios del código ACI 318 de diseño de hormigón armado. Antes de esta norma sólo existían disposiciones, a pesar de los grandes terremotos ocurridos en Talca 1928, Chillán 1939 y Valdivia 1960.

Esta normativa contemplaba el análisis estático o dinámico, en el primer caso, aplicable a construcciones simples y de baja altura (hasta 45 metros de altura); y, en el segundo, a edificios de mayor altura y complejidad morfológica. La norma reconocía así el aumento progresivo de construcciones en Chile – y particularmente en Santiago – de mayor altura y complejidad arquitectónica y estructural (Barrientos, 2016). También consideraba los efectos del suelo (ver Tabla 3), forma estructural e importancia del uso de las edificaciones. Contenía prescripciones para la torsión en planta, las deformaciones admisibles y la separación entre estructuras, establecía instrumentación sísmica para edificios de más de 20 pisos e incluía además de un capítulo de elementos no estructurales (Soto, 2015).

Tabla 3: Clasificación de suelos, con T_o parámetro dimensional

Clase de suelo de fundación	T_o [s]
Roca, grava densa, grava arenosa densa.	0,2
Arena densa, suelos cohesivos duros o firmes.	0,3
Suelos granulares sueltos, suelos cohesivos medianos o blandos.	0,9

Fuente: NCh433 Of. 72

Elaboración: El autor

- **Cálculo de esfuerzo de corte basal mediante método estático de análisis**

$$Q_o = K_1 K_2 C P \quad (1)$$

Q_o : Esfuerzo de corte basal

K_1 : Coeficiente relativo al uso del edificio

K_2 : Coeficiente relativo a la forma estructural

P : Peso total del edificio sobre el nivel basal

C : Coeficiente dinámico expresado por la fórmula:

$$C = 0,10 \text{ para } T \leq T_o \quad (2)$$

$$C = 0,10 \frac{2 T T_o}{T^2 + T_o^2} \text{ para } T > T_o \quad (3)$$

T : Período fundamental del edificio en la dirección considerada

- **Superposición modal para método dinámico de análisis**

$$S = \frac{1}{2} \left(\sum_{i=1}^r |S_i| + \sqrt{\sum_{i=1}^r S_i^2} \right) \quad (4)$$

S : Solicitación obtenida por superposición de las respuestas modales

S_i : Solicitación correspondiente al i – ésimo modo

$r \geq 3$

$$\frac{a}{g} = 0,10 K_1 K_2 \text{ para } T \leq T_o \quad (5)$$

$$\frac{a}{g} = 0,10 K_1 K_2 \frac{2 T T_o}{T^2 + T_o^2} \text{ para } T > T_o \quad (6)$$

a: Ordenada del espectro de aceleraciones dado el método dinámico de análisis

g: Aceleración debida a la gravedad

r: número de modos de vibrar

2.3.3.3 NCh433 Of. 93, año 1993

Primera actualización de la NCh433, donde se incorporan los aprendizajes del terremoto del 3 de marzo de 1985. Esta norma incluye una serie de clasificaciones tales como, el coeficiente de importancia, tipo de estructuración, tipo de suelo (ver Tabla 4 y Tabla 5) y además entrega disposiciones que definen la zonificación sísmica que tiene el país, estableciendo para cada zona de Chile un nivel de amenaza diferente. Según los parámetros obtenidos de las distintas clasificaciones antes mencionadas, la norma fija un espectro de diseño. Dicho espectro se definió en base a datos empíricos con que se contaba hasta la fecha.

Tabla 4: Definición de los tipos de suelos de fundación

Tipo de suelo	Descripción
I	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%.
II	a) Suelo con v_s, igual o mayor que 400 m/s en los 10 m superiores, y creciente con la profundidad; o bien, b) Grava densa, con peso unitario seco γ_d igual o mayor que 20 kN/m³, o índice de densidad <i>ID(DR)</i> (densidad relativa) igual o mayor que 75%, o grado de compactación mayor que 95% del valor Proctor Modificado; o bien 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, d) Suelo cohesivo duro, con resistencia al corte no drenado s_u igual o mayor que 0,10 MPa (resistencia a la compresión simple q_u igual o mayor que 0,20 MPa) en probetas sin fisuras. En todos 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.

Fuente: NCh433 Of. 93
Elaboración: El autor

Tabla 4: (Continuación) Definición de los tipos de suelos de fundación

Tipo de suelo	Descripción
III	a) Arena permanentemente no saturada, con $ID(DR)$ entre 55 y 75%, o N mayor que 20 (sin normalizar a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa); o bien, b) Grava o arena no saturada, con grado de compactación menor que el 95% del valor Proctor Modificado; o bien, c) Suelo cohesivo con s_u, comprendido entre 0,025 y 0,10 MPa (q_u entre 0,05 y 0,20 MPa) independientemente del nivel freático; o bien, d) Arena saturada con N comprendido entre 20 y 40 (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre la roca o sobre suelo correspondiente al tipo II es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo II.
IV	Suelo cohesivo saturado con s_u igual o menor que 0,025 MPa (q_u igual o menor que 0,050 MPa). Espesor mínimo del estrato: 10 m. Si el espesor del estrato sobre suelo correspondiente a algunos de los tipos I, II o III es menor que 10 m, el suelo se clasificará como tipo III.

Fuente: NCh433 Of. 93
Elaboración: El autor

Tabla 5: Valor de los parámetros que dependen del tipo de suelo

Tipo de suelo	T_0 [s]	T' [s]	c	n	p
I	0,15	0,25	0,50	1,00	2,00
II	0,30	0,35	2,75	1,25	1,50
III	0,75	0,80	2,75	2,00	1,00
IV	1,20	1,50	2,75	2,00	1,00

Fuente: NCh433 Of. 93
Elaboración: El autor

- **Cálculo de esfuerzo de corte basal mediante método estático de análisis**

$$Q_o = C I P \quad (7)$$

Q_o : Esfuerzo de corte basal

I : Coeficiente relativo a la categoría del edificio

P : Peso total del edificio sobre el nivel basal

C : Coeficiente sísmico expresado por la fórmula:

$$C = \frac{2,75 A_0}{g R} \left(\frac{T'}{T^*} \right)^n \quad (8)$$

n, T' : Parámetros relativos al tipo de suelo de fundación

A_0 : Aceleración máxima efectiva que depende de la zona sísmica

R : Factor de modificación de la respuesta estructural (análisis estático)

T^* : Período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis

- **Espectro de diseño para análisis modal espectral**

$$S_a = \frac{I A_0 \alpha}{R^*} \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{1 + 4,5 \left(\frac{T_n}{T_o} \right)^p}{1 + \left(\frac{T_n}{T_o} \right)^3} \quad (10)$$

S_a : Aceleración espectral de diseño

α : Factor de amplificación de la aceleración efectiva máxima

T_n : Período de vibración del modo n

T_o, p : Parámetro relativos al tipo de suelo de fundación

R^* : Factor de reducción de la aceleración espectral, calculado para el período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0,10 T_o + \frac{T^*}{R_o}} \quad (11)$$

R_o : Factor de modificación de la respuesta estructural (análisis modal espectral)

2.3.3.4 NCh433 Of. 96, año 1996

Los cambios con respecto a la versión de 1993 fueron menores, omitiendo el proceso de consulta pública y citando directamente al comité que aprobó la versión anterior. Adicionalmente, entre sus modificaciones, restricciones para las deformaciones sísmicas relativas a pisos sin diafragma rígido, disminuye los factores de modificación de la respuesta R , modifica el coeficiente sísmico y establece rangos de C_{max} .

2.3.3.5 NCh433 Of. 96 mod 2009, año 2009

El año 2009, luego de varios años de estudio, se modifica la nueva norma sísmica chilena. Los cambios introducidos por esta norma son mínimos. Mantiene el espectro de diseño, conserva la clasificación de zona sísmica y tipo de suelo, entre otras cosas. Uno de los mayores cambios es que se agregan tipos de estructuración con el fin de agregar mayores definiciones de factores de modificación de respuesta R y R_o . Sin embargo, esta norma pasa desapercibida debido al sismo ocurrido en nuestro país el 27 de febrero del año 2010.

2.3.3.6 D.S. 117, D.S. 118 y D.S. 60, D.S. 61, año 2011

Luego del sismo del 27 de febrero del 2010 se vuelve a estudiar la norma sísmica. Sin embargo, los resultados estarían después de dos años. Debido a lo anterior y a los resultados que se pudieron observar en los distintos edificios, se establece una norma de emergencia, conformada por artículos que varían los puntos claves del análisis sísmico. Fue así como se crea el decreto N° 117, el cual se aprueba en noviembre del año 2010.

La norma NCh 433 que se utiliza actualmente fue oficializada en el año 1996, la cual sufrió modificaciones en el 2009. Luego del terremoto 27 febrero de 2010 fue necesario incluir algunas disposiciones por lo que se crearon las normas de emergencia que dieron origen al decreto supremo N° 61 en noviembre de 2011. Esto en conjunto con la NCh433 Of. 96 modificada 2009, conforman la actual norma sísmica chilena para edificios. Entre las normas que se actualizaron luego del 27 de febrero también se puede contar la NCh1508, que es la norma que establece los requisitos de los estudios de mecánica de suelos.

Algunos de los cambios más relevantes del decreto son:

- Recalibración de las condiciones de diseño de edificios en cuanto a sus solicitaciones.
- Recalibración de las evaluaciones para edificios de hormigón armado en lo que a desplazamiento de techo se refiere y su consecuente influencia en los criterios de confinamiento de los muros.
- Se define un nuevo ensayo de suelos, el que consiste en evaluar la rigidez de los suelos para bajas deformaciones para todos los estratos de suelos en los primeros 30 metros de terreno.
- Establece 6 clasificaciones de suelos, A, B, C, D, E, F, agregando una categoría intermedia entre los suelos B y D antiguos II y III, con el fin de discretizar la clasificación (ver Tabla 6).
- Se modifica el espectro de diseño, principalmente para las estructuras más flexibles ($T > 0,8$ s).
- Se define el espectro elástico de desplazamientos, con el fin de aportar al desarrollo del diseño de muros de hormigón armado (NCh430) en base a la demanda de desplazamiento de techos.

Tabla 6: Clasificación sísmica del terreno de fundación

Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	(N_1) (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$\geq 50\%$	≥ 10 ($\epsilon_{qu} \leq 2\%$)		

Fuente: NCh433 Of. 96 Mod. 2009, D.S. N° 61

Elaboración: El autor

Tabla 6: (Continuación) Clasificación sísmica del terreno de fundación

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

Fuente: NCh433 Of. 96 Mod. 2009, D.S. N° 61

Elaboración: El autor

2.4 ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS

2.4.1 SISMICIDAD DE LA REGIÓN

Chile es un país que se encuentra en una zona sísmicamente activa, y que históricamente ha sido afectado por sismos destructores de gran magnitud. Esto se debe principalmente a su morfología, dominado por la interacción de las placas de Nazca y Sudamericana. La alta velocidad de convergencia de las placas de Nazca (placa oceánica) y Sudamericana (placa continental) de 7 cm/año aproximadamente (Centro Simológico Nacional, 2020) junto a la corta edad de la placa oceánica, son las principales causas de la alta magnitud de los terremotos nacionales en conjunto con su rápida ocurrencia (Toledo, 2017).

Los diferentes tipos de sismos que se generan en Chile se clasifican en cuatro tipos que dependen del mecanismo de generación (ver Figura 7), los cuales corresponden a sismos interplaca, intraplaca continental, intraplaca oceánica y outer-rise.

Los sismos interplaca se producen cuando el esfuerzo compresivo horizontal neto en la zona de acoplamiento, supera al acoplamiento mecánico entre la placa de Nazca y la Sudamericana. Este tipo de sismo son los de mayor magnitud, la que es proporcional a la superficie de ruptura y al área de la zona de desplazamiento. La profundidad de este tipo de terremotos se limita a una zona de profundidad máxima de 60 km (Araujo & Suárez, 1994). Algunos ejemplos de este tipo de sismos son el terremoto de Valdivia 1960 ($M_w = 9,5$) y el terremoto del Maule del 2010 ($M_w = 8,8$).

Los sismos intraplaca continental o corticales ocurren dentro de la placa continental a profundidades menores a 60 km debido a deformaciones generadas principalmente por la convergencia entre las placas. La principal deformación originada por la subducción es el alzamiento de la cordillera de los Andes. En general, estos sismos ocurren en torno a la cordillera tanto en Chile como en Argentina. Un ejemplo de estos sismos es el terremoto de Las Melosas de 1958 ($M_w = 6,9$).

Los sismos intraplaca oceánica se producen dentro de la placa oceánica subductada debido al peso de ésta y al fuerte acoplamiento interplaca. En Chile se originan a profundidades

entre los 50 km y 250 km. El potencial de daños de estos sismos es mayor que el de los sismos interplaca de la misma magnitud. Algunos ejemplos de estos sismos son los terremotos de Chillán en 1939 ($M_s = 8,0$) y Punitaqui en 1997 ($M_w = 7,1$).

Finalmente, los sismos Outer-Rise ocurren costa afuera de la fosa oceánica. Esto se debe a las deformaciones de la placa de Nazca y a los esfuerzos de flexión sobre ella antes de subducir, ubicándose en la zona de máxima curvatura. En general tienen magnitudes menores que $M_w = 8,0$. Ejemplo de este tipo de sismos es el terremoto de 2001 ($M_w = 6,7$) frente a las costas de Valparaíso.

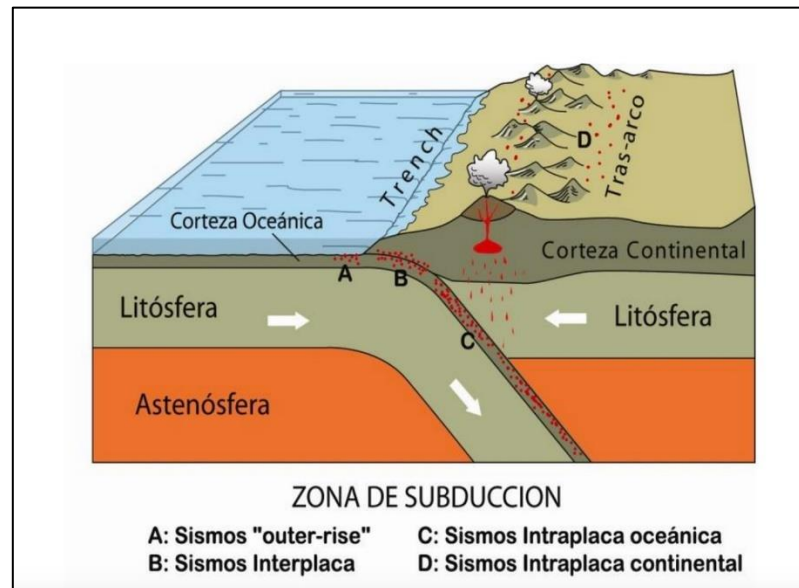


Figura 7: Tipos de Sismos en Chile

Fuente: Centro Sismológico Nacional (2013)

Elaboración: Sin Información

El litoral central de Chile se ha caracterizado sísmicamente por terremotos de gran magnitud, superiores a $M_w=8,0$ con epicentros marítimos en las cercanías del puerto de Valparaíso. Los eventos sísmicos de gran magnitud de los cuáles se tienen registros en la región de Valparaíso, comprenden desde el siglo XVI hasta la actualidad. La Figura 8 muestra un resumen de los eventos más característicos de Chile con el largo de su ruptura. Estos ocurrieron en los años 1575 ($M_s=7,3$), 1647 ($M_s=8,5$), 1730 ($M_s=8,7$), 1906 ($M_s=7,9$ y $M_w=8,2$) y 1985 ($M_s=7,8$ y $M_w=8,0$), con un período de retorno estimado de 82 ± 6 años (Nishenko, 1985). Estos eventos se caracterizan por tener epicentro fuera de la costa, con longitudes de falla superior a los 150 km, los movimientos verticales permanentes a lo largo de la costa son sistemáticamente de signo positivo (solevantamiento) y los maremotos ocasionados fueron relativamente pequeños, a excepción del terremoto de 1730 (Kausel, 1986).

El sismo del 16 de agosto de 1906 tuvo epicentro costa afuera de Valparaíso y de magnitud $M_w = 8,2$, produjo graves daños en Valparaíso, especialmente en el barrio "El Almendral". Se registraron solevantamientos de unos 0,6 m en Valparaíso y la zona de ruptura abarcó aproximadamente una longitud total de 330 km, desde Los Vilos hasta Llico (Astroza, 2007).

El 3 de marzo de 1985, ocurre uno de los sismos de gran magnitud costa afuera frente a Valparaíso, con epicentro 20 km mar adentro entre Valparaíso y Algarrobo y profundidad focal de 15 km (Astroza & Monge, 1989), tuvo una magnitud Richter $M_s = 7,8$ e intensidad máxima de VIII grados en la escala Modificada de Mercalli. Desde el punto de vista sísmológico, este sismo corresponde a un evento de tipo interplaca. Se observó una concentración de daños de edificios en torno al Muelle Vergara y sector Canal Beagle, ambos adyacentes a la falla Marga-Marga (Thorson, 1999). Aun así, las fallas se concentraron en tipos de construcciones bien específicas y en particular en generaciones de ellas. En este sentido, el nivel de diseño sísmico nacional, frente a la opinión extranjera, pudo considerarse como satisfactorio.

Para este terremoto existen variados estudios acerca de los daños, entre ellos (Ridell, Wood, & De La Llera, 1987), donde se realizó un catastro de los principales edificios de altura desde los 4 pisos, reportando tanto los daños estructurales como los gastos de reparación o demolición ya sea el caso. Esta base de datos es la más extensa en términos de información y una de las pocas existentes con registros geotécnicos y estructurales.

Este proyecto fue realizado en conjunto por la Pontificia Universidad Católica de Chile, la Universidad de California en Berkeley, la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign y la Universidad de Michigan. El objetivo principal de esta investigación consistió en evaluar los métodos de análisis y diseño de edificios para resistir movimientos sísmicos. Para ello se realizó un levantamiento estadístico general de edificios de Viña del Mar con el propósito de definir las características típicas de la construcción de mediana altura y los edificios mayores a 5 pisos. Además de describir la naturaleza y distribución de los daños en dicha zona estudiada.

En primer lugar, la información recopilada para las edificaciones de Viña del Mar resume características constructivas como lo son: el año de construcción, alturas de edificios, tipo de fundación, tipología de la estructura y sus elementos estructurales. En una segunda parte se registraron los daños observados, los cuáles se midieron en una escala porcentual variando de 0% a 60% en intervalos de 10% para cada estado de daño.

Entre las estadísticas disponibles en la investigación, se observó las características constructivas empleadas, siendo una de las más relevantes las proporciones de muros estructurales en las edificaciones, que corresponde a una característica típica en los edificios chilenos. Del estudio se extrae que la totalidad de los edificios de cinco o más pisos construidos en Viña del Mar antes del terremoto de 1985 se construyeron con hormigón armado y que más del 95% utiliza muros estructurales para resistir las cargas sísmicas. Esta tipología de elemento estructural ocupa cerca del 6% del área de piso de los edificios catastrados.

El reporte indica que los daños registrados en la ciudad fueron leves, ya que menos del 4% de las viviendas sufrieron daños importantes y no hubo víctimas fatales. La mayoría de los vecindarios sufrieron menos de un 20% de daños. Estos daños observados corresponden en gran parte a edificios de 12 a 15 pisos, lo cual representa a estructuras con período fundamental de vibración entre 0,6 y 0,7 segundos. Aun así, los sectores más dañados se produjeron en las zonas altas del sureste de Viña del Mar, en específico en el conjunto habitacional Canal Beagle, donde casi todas las edificaciones resultaron severamente dañadas.

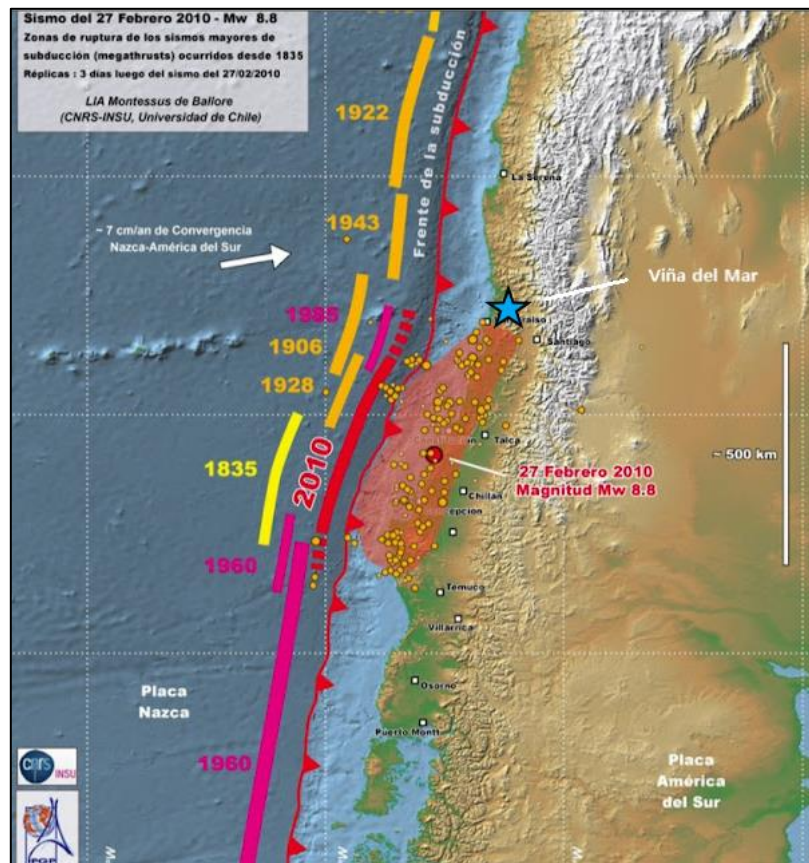


Figura 8: Mapa con las zonas de ruptura de los terremotos más importantes en Chile Central

Fuente: Laboratorio Internacional Asociado Montessus de Ballore

Elaboración: CNRS-INSU, Universidad de Chile

El terremoto de epicentro marítimo del Maule ocurrió el 27 de febrero de 2010 en la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana, con una profundidad focal de 35 km, largo de ruptura de 500 km y magnitud de momento $M_w = 8,8$ (USGS, 2010). La ubicación del epicentro fue en las coordenadas $35,909^\circ$ S y $72,733^\circ$ O en el mar frente a la localidad de Cobquecura (Saragoni, 2011). En la estación Viña del Mar Puente Marga-Marga, se registró una aceleración máxima horizontal de $0,35\ g$ y vertical de $0,26\ g$ (Almazán, 2010). Parte de los daños observados en la ciudad, en particular las edificaciones de mediana y gran altura se concentraron en el sector Plan entre las calles 6 Norte y 10 Norte, y entre Avenida Libertad con la avenida San Martín.

Carpenter et al. (2011) estudiaron los daños observados en el área de Viña del Mar luego del terremoto del 27 de febrero de 2010. Este estudio se enmarca en la visita de un equipo de reconocimiento enviados por el Consejo de Diseño Estructural de Edificios Altos de Los Ángeles (LATBSDC) para catastrar los daños en las áreas de Santiago, Concepción y Viña del Mar.

Debido a los antecedentes sísmicos que caracterizaban la zona central y los daños que se generaron en varios edificios de Viña del Mar, se presentaban características en común con el pasado terremoto del 3 de marzo de 1985. El plan de Viña del Mar incluía edificios altos, de los cuáles, gran parte de estos estaban situados en condiciones de suelo variables,

particularmente en el área con el mayor daño. Las observaciones de los daños mostraban deficiencias en los elementos estructurales de los edificios dañados dominados por la falta de confinamiento y falta de ductilidad en muros de corte. La segunda observación fue la alta demanda generada en el área céntrica de Viña del Mar (Población Vergara).

Dentro de las observaciones de los daños se confirman ciertos errores de detallamiento de los que se identifica: confinamiento en muros con ganchos de 90°, ancho insuficiente para muros de primeros pisos, discontinuidades en el sistema estructural donde los errores eran de tipo constructivo en las transiciones de pisos, falta de confinamiento en zonas de empalme, problemas en muros reparados para terremoto de 1985 (Edificio Festival) y problemas constructivos para edificios de mayor edad.

Respecto a las condiciones locales del suelo de Viña del Mar, se identificaron algunas consideraciones que pudieron no haber sido aplicadas en el diseño de edificios. Esto indica que pudo haberse considerado un suelo más rígido debido a que los estratos superiores correspondían a arenas condicionando la clasificación normativa chilena en un tipo de suelo más favorable (Suelo Tipo II y III). Esta clasificación de suelos se basó supuestamente en suelos arenosos en lugar del suelo tipo IV, lo cual no permite reconocer condiciones de amplificación del suelo blando.

Las recomendaciones descritas en el informe están orientadas al desarrollo de futuros códigos y reglamentaciones normativas, estas consisten en realizar una mejor caracterización sísmica, es decir zonas sísmicas, microzonificaciones, efectos de amplificación de suelo, efectos de sitio, etc. Además, se indica que debe actualizarse la normativa incluyendo la actividad sísmica reciente. Esto incluye establecer detalles y pautas para muros de corte, espesor de muro de corte, confinamiento, anclaje, etc.

2.4.2 GEOLOGÍA DE LA REGIÓN

La región de Valparaíso está formada geológicamente por un basamento rocoso de tipo metamórfico e intrusivo provenientes de la era Paleozoica y Mesozoica, que constituyen la cordillera de la costa y los sectores costeros. Sobre esto cubren en varios niveles terrazas abrasivas sub-horizontales, poco consolidados de origen marino y continental y sedimentos cuaternarios de origen fluvial, aluvial, eólico y marino. Esto implica la existencia de una diversa gama de materiales y rocas en la zona, que involucra rocas rígidas intrusivas y metamórficas, unidades de rocas meteorizadas y amailladas, arenas y depósitos semi-consolidados a no consolidados, junto con la presencia de fallas geológicas y fuertes pendientes (Aguirre, 2013). La existencia de rocas intrusivas del Precámbrico y Paleozoico se observan en las zonas altas de la ciudad, en sectores como Recreo, Nueva Aurora, Chorrillos, Forestal, Achupallas, Gómez Carreño y Reñaca Alto. En cambio, los sectores Viña Oriente y Miraflores están emplazados sobre unidades de sedimentos semi-consolidados (Terciario), mientras que los sectores de menor altura como el Plan, Santa Inés y Reñaca se encuentran sobre unidades de sedimentos no consolidados (Cuaternario) (Baquedano, Leyton, & Sepúlveda, 2021).

En la década de los 60's se caracterizó la topografía de Viña del Mar, indicando que su ubicación corresponde a una zona de costa de regresión y su geología general se reconoce primeramente como arena y gravas de playa, siendo una única unidad geológica caracterizada por sedimentos marinos. Mientras, el plan de la ciudad, al encontrarse en una llanura, está conformado por sedimentos marino-fluviales que provienen del estero Marga-Marga y la propia costa, delimitada por terrazas por el norte y al estero por el sur (Grimme & Álvarez, 1964). Existe consenso respecto a la composición geológica general de esta zona, ya que años

habitacional Canal Beagle y en la zona que rodea el Muelle Vergara. Este último volvería a concentrar daños para el terremoto del 2010.

2.4.2.1 Falla Marga-Marga

Distintos autores a lo largo de los últimos 60 años han propuestos trazas de la falla Marga-Marga. El trabajo de Thorson (1999) es hasta ahora el más reconocido y validado. En este se presentan evidencias de una zona agrietada en el entorno sur del cauce. Además de la correlación entre los daños registrados en los sismos de 1906, 1985 y 2010, junto a la continuidad del cauce proveniente desde el este, se interpreta que la proyección superficial de la traza de la falla atravesaría la Población Vergara.

El trazado de la falla Marga-Marga se alinea con el valle del estero homónimo con rumbo N 40° O a N 60° O, manteo subvertical y longitud aproximada de 50 km, atravesando la ciudad de Viña del Mar desde el Salto hasta el Muelle Vergara (Álvarez, 1964). El desplazamiento que ha experimentado la falla Marga-Marga es horizontal y el movimiento relativo es tal que el bloque norte se ha movido hacia el sureste con respecto al bloque opuesto. Además, ha habido una componente vertical del movimiento de manera que el bloque sur ha subido respecto al bloque norte (Grimme & Álvarez, 1964).

Años más tarde, Gana, Wall, & Gutierrez (1996), muestran un conjunto de fallas y lineamientos cercanos al estero Marga-Marga que es incluido en el mapa geológico del área Valparaíso-Curacaví (Muñoz, Sepúlveda, & Rebolledo, 2012). El lineamiento principal de la falla se encuentra a unos 500 metros al sur del curso del estero (Figura 9). Sin embargo, fue Thorson (1999) quien presentó el estudio más específico sobre la falla Marga-Marga argumentando, con datos tomados en terreno, que la rectitud de la falla a lo largo de 10 [km] indica que esta tuvo un desplazamiento significativamente horizontal (*strike-slip*) (Philippi & Garrido, 2016).

Muñoz (2013) confirmaría las observaciones de Thorson (1999) a través de evidencias de deformación en cortes del camino al norte del túnel del Jardín Botánico, revelando movimiento de fallas inversas ciegas por la transferencia de desplazamiento de una falla a otra (Thorson, 1999). Además, agrega otros puntos donde se observan las zonas descritas con referencia a macizo rocoso de baja dureza evidenciando presencia de zona de falla. Los datos recolectados en terreno por Muñoz definen nuevos trazos y lineamientos para la falla Marga-Marga que se observan en la Figura 10. Esta información junto a los datos históricos de daños asociados a sismos y los datos recolectados en terreno, permiten proyectar 3 lineamientos (uno al norte y dos al sur) paralelos a la traza principal de la falla. Lo que sugiere la existencia de más de una zona de falla, lo que explicaría por qué las trazas definidas por autores anteriores no son coincidentes. La zona de falla estaría acotada al norte y al sur por los lineamientos mencionados y que tendría implicancia en el peligro sísmico por una potencial amplificación y concentración de daños en el plan de Viña del Mar (Muñoz, 2013).

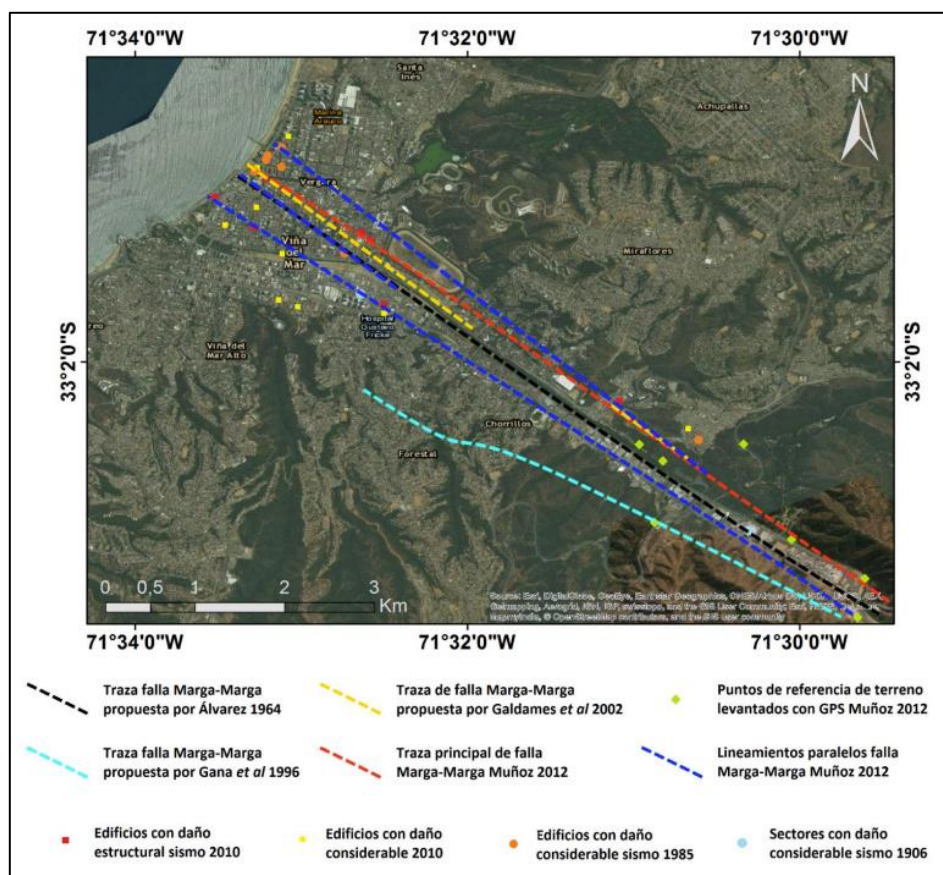


Figura 10: Daño generado por los sismos de 1906, 1985 y 2010, y la ubicación de las trazas de la falla Marga-Marga definidas por diversos autores

Fuente: Modificado de Muñoz (2013)

Elaboración: Philippi & Garrido (2016)

2.4.3 PERFIL GEOTÉCNICO

El estudio “Aportes para una nueva Zonificación Geotécnica de Viña del Mar” (Serafini (2017), Toledo (2017) y Bustos (2017)) realizó un análisis de sondajes proporcionados por el Laboratorio de Ensaye de Materiales y Control de Obras de la Universidad Técnica Federico Santa María (LEMCO) y el Laboratorio de Ensaye de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (LEPUCV). Los resultados de estos trabajos permitieron confirmar algunas características estratigráficas mencionadas en investigaciones anteriores acerca del subsuelo del sector Plan de Viña del Mar. Se concluye que está constituido principalmente por sedimentos fluviales en toda la superficie, alternados con depósitos marinos y algunos lacustres.

Los suelos de Viña del Mar corresponden a nivel general a arenas limosas de clasificación USCS variando entre SP, SM, SC y SW; húmedas, no plásticas, con distribución de granos entre 0-15% de grava, 70-90% de arena y 5-30% de finos, tamaño máximo entre 5 y 40 mm, color amarillo-gris-verde, sin olor, sin materia orgánica y de compactación media-alta aumentando en profundidad (Serafini, 2017). La composición de los primeros estratos corresponde a un estrato de suelo natural que varía entre 1 y 2 metros de profundidad, luego

un estrato de 2 a 5 metros de espesor compuesto limos, limos arcillosos y arenas finas depositadas durante eventos de desborde del estero Marga-Marga. Bajo este estrato a una profundidad de aproximadamente 12 metros está compuesto por sedimentos arenosos con lentes de arcilla, limo, fango y materia orgánica variando su distribución granular en profundidad (Thorson, 1999).

Gran parte de la estratigrafía de Viña del Mar es heterogénea, según Thorson (1999) se identifican estratos fangosos con materia orgánica y estratos de arcillas altamente plásticas. La ciudad se divide en principalmente en 2 sectores, por un parte el sector poniente se caracteriza por suelos finos con predominancia de arenas limosas o arcillosas. En cambio, el sector oriente posee una granulometría de mayor tamaño clasificándose con gravas arenosas y plásticas. Además, se identifican depósitos de arcilla plástica de aproximadamente 2 metros de espesor en los primeros metros de profundidad y arenas arcillosas altamente plásticas a profundidades entre los 20 y 30 metros. Muñoz (2013) sugiere que estos depósitos lagunares no son relevantes en área ni en espesor, correspondiendo a situaciones puntuales. Finalmente, la profundidad de la napa varía en función de la ubicación y de la estación del año en que se realiza el sondaje, en el Plan de Viña del Mar varía entre 2,8 y 5,4 metros de profundidad (Villavicencio & Suazo, 2022).

Las propiedades geotécnicas del suelo del sector en estudio son las siguientes:

- Peso específico seco: 1,7 - 1,9 [Ton/m³]
- Peso específico húmedo: 1,9 - 2,3 [Ton/m³]
- Densidad relativa: 25 – 90%
- Saturación: 10 – 100%
- Compacidad: Mediana y creciente en profundidad
- Angulo de fricción: 35-40°
- Módulo de Poisson: ~ 0,2
- Cohesión: No cohesivo
- Plasticidad: No plástico

2.4.3.1 Profundidad basamento rocoso

La profundidad del valle que contiene los sedimentos ha sido un aspecto de gran interés por parte de diversos investigadores, si bien Grimme & Álvarez (1964) intentaron localizar la profundidad del valle por medio de sondajes, ninguno de estos llegó hasta el basamento rocoso. Años más tarde, Pérez (1988) utilizó técnicas geofísicas en el plan de Viña del Mar, tales como micro vibración y radar de penetración, pero ninguna entregó resultados concluyentes debido a la urbanización de la ciudad. En cambio, Verdugo (1995) determinó la morfología del basamento rocoso mediante el método gravimétrico de prospección geofísica, utilizando una densidad promedio de los sedimentos de 2,03 T/m³, una densidad para la roca de 2,67 T/m³ y un gradiente regional de gravedad de 0,75 mgal/km en dirección N 25° E.

Las curvas de profundidad de basamento rocoso obtenidas por Verdugo (ver Figura 11) indican que el basamento presenta una geometría con forma de dos microcuencas bien

diferenciadas de orientación noroeste, encontrando una profundidad máxima de aproximadamente 125 metros en la zona más profunda de la cuenca.



Figura 11: Morfología del basamento rocoso en Viña del Mar

Fuente: Verdugo (1996)

Elaboración: Toledo (2017)

Thorson (1999), discute los resultados de Verdugo (1995) indicando que adoptó algunas consideraciones poco realistas, como un contraste de densidad uniforme entre la capa sedimentaria y la formación rocosa. Sugiriendo que la cuenca del estero Marga-Marga es simétrica y tiene una profundidad media entre 40 y 80 metros bajo el nivel del mar con una profundidad máxima que no debería exceder los 100 metros.

Serafini (2017) a través del método de Nakamura y en un análisis unidimensional de propagación de ondas de corte que relaciona teóricamente la frecuencia fundamental y profundidad del estrato sedimentario, estimó la profundidad del basamento rocoso en el plan de Viña del Mar a partir de mediciones espectrales H/V. Los resultados indican una profundidad máxima de 120 metros en la microcuenca principal con una morfología bastante simétrica, junto a una segunda microcuenca con profundidad máxima de 90 m en dirección de la falla Marga-Marga, como lo indica la Figura 12.

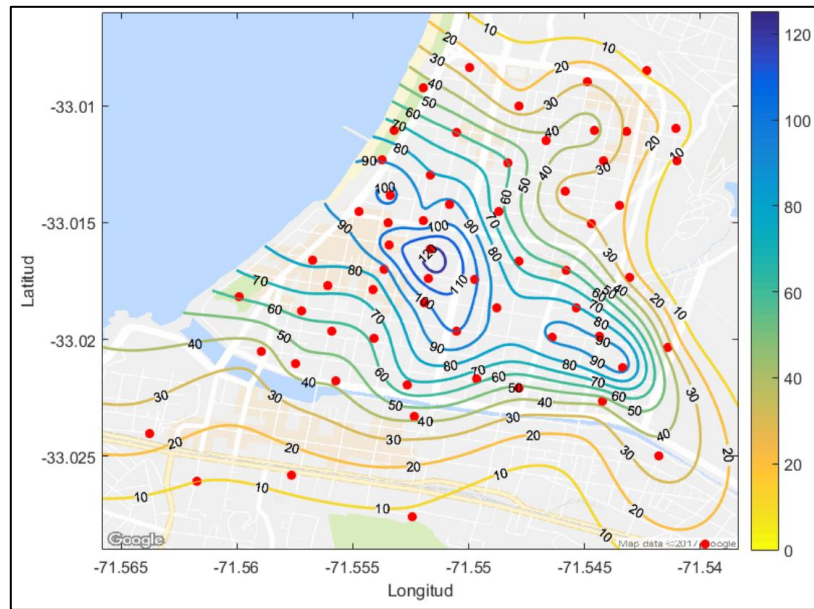


Figura 12: Profundidad de roca en Viña del Mar

Fuente: Serafini (2017)

Elaboración: Serafini (2017)

2.4.3.2 Período fundamental del suelo

Carrasco & Nuñez (2013) llevaron a cabo un estudio de microzonificación sísmica de Viña del Mar utilizando nuevas metodologías. El trabajo consistió en realizar un catastro en terreno identificando los daños en viviendas de Viña del Mar producto del terremoto del 2010. Junto con esto, analizaron las propiedades del suelo a través de los ensayos SPT realizados en la ciudad a la fecha sin considerar el perfil estratigráfico asociado. Como resultado obtuvieron un mapa de microzonificación sísmica georreferencial. Además, propusieron un mapa de isoperíodos para la cuenca del Marga-Marga y sectores aledaños. Sus resultados fueron obtenidos a partir de mediciones de ruido sísmico ambiente utilizando el método H/V.

La Figura 13 muestra las curvas obtenidas, donde los períodos varían desde 0,2 a 1 segundos. Los períodos fundamentales más altos se registraron en el sector central de la cuenca entre las calles 4 Norte, Avenida Libertad y 10 Norte, donde se esperaban las mayores profundidades y al aproximarse a los cerros los períodos disminuyen considerablemente. Además, el período fundamental del suelo donde se observó la mayor cantidad de daño varía entre los 0,8 y 1 segundos.



Figura 13: Curvas de isoperíodos en Viña del Mar

Fuente: Carrasco y Núñez (2013)

Elaboración: Carrasco y Núñez (2013)

Serafini (2017), a partir de mediciones de vibraciones de ruido ambiental, estimó utilizando el método de Nakamura la frecuencia fundamental del suelo. Los resultados se observan en la Figura 14 donde es posible identificar un sector central de la cuenca donde los períodos varían entre los 0,4 y 1,1 segundos, mientras que los períodos entre 0,1 y 0,4 segundos se ubican en la zona exterior de la cuenca, más cercano a los cerros. Al igual que Carrasco y Núñez (2013) los resultados de los períodos más altos se observan en el centro de la cuenca y disminuyen hacia los bordes, donde la profundidad de roca es menor. A su vez, los valores obtenidos son muy similares.

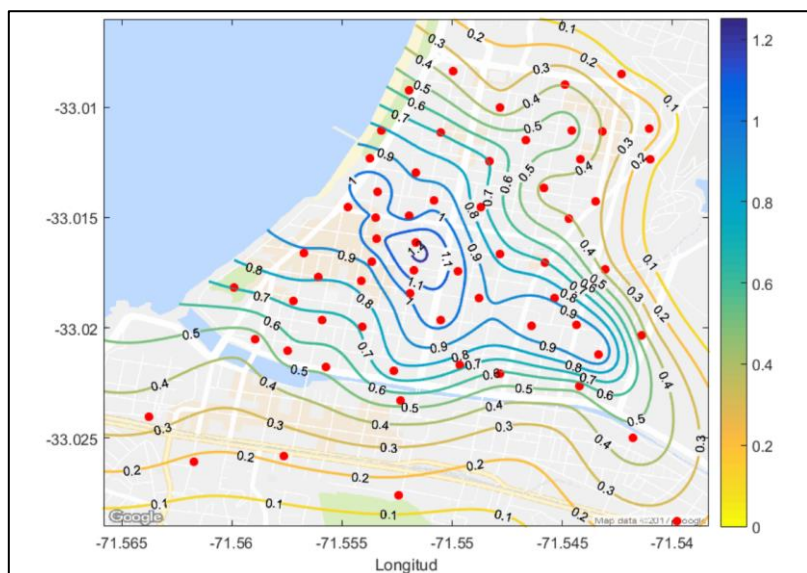


Figura 14: Curvas de isoperíodos en Viña del Mar

Fuente: Serafini (2017)

Elaboración: Serafini (2017)

2.4.3.3 Velocidad de ondas de corte en superficie

Villavicencio y Suazo (2022) realizaron una caracterización geotécnica exhaustiva de las áreas que sufrieron daños en la ciudad de Viña del Mar, además de proporcionar una base de datos geotécnica y geofísica actualizada del área. Para este estudio se revisaron un total de 89 ensayos de penetración estándar (SPT), 58 de penetración de cono dinámico (CPT), 18 ensayos del método microtremor de refracción (ReMi) y 16 ensayos de DownHole. Cada ensayo SPT incluía la caracterización del suelo para las muestras recuperadas (granulometría, límites de Atterberg, etc.). Además de los datos recopilados, se realizaron un total de 63 ensayos HVSR en el sitio para mejorar la caracterización del macizo rocoso.

Esta información fue georreferenciada mediante el software QGIS y ordenada según manzanas existentes (Mz) o cuadras. La Tabla 7 muestra un registro de los datos de V_{s30} para ensayos tipo ReMi y DownHole ubicados en la Población Vergara detallados por ubicación, medición y tipo de ensayo.

Tabla 7: Resumen de ensayos ReMi y DownHole en la Población Vergara

Cuadra Rol	Tipo de ensayo	Coordenadas		Prof. (m)	V_{s30} (m/s)
		Latitud	Longitud		
4	DownHole	33°1'14,55"S	71°33'26,87"O	30	311,7
7	DownHole	33°1'18,87"S	71°33'11,09"O	37	281,9
7	ReMi	33°1'19,91"S	71°33'11,3"O	37	270,2
22	DownHole	33°1'12,28"S	71°33'33,15"O	40,5	333,9
23	DownHole	33°1'11,89"S	71°33'29,65"O	37	142,1
28	ReMi	33°1'13,7"S	71°33'17,61"O	35	224
32	DownHole	33°1'17,08"S	71°32'57,95"O	36	323,7
32	DownHole	33°1'17,59"S	71°32'56,01"O	36	342,3
37	ReMi	33°1'23,17"S	71°32'40,25"O	36	361,4
42	DownHole	33°1'18,94"S	71°32'34,6"O	36	373,6
58	DownHole	33°1'15,11"S	71°32'34,8"O	36	264,9
68	DownHole	33°1'7,62"S	71°33'8,16"O	36	292,8
70	DownHole	-	-	36	292,8
74	DownHole	33°0'58,85"S	71°32'57,61"O	40	330,9
92	ReMi	33°1'7,36"S	71°32'54,8"O	40	263,7
105	ReMi	33°0'59,29"S	71°33'10,52"O	33	299,4
107	DownHole	33°1'0,42"S	71°33'7,91"O	42	477,1
109	ReMi	33°1'2,76"S	71°32'59,55"O	45	261,6
122	DownHole	33°0'58,85"S	71°32'57,61"O	40	249,5
135	DownHole	33°0'51,79"S	71°33'12,57"O	42	357,7

Fuente: Villavicencio y Suazo (2022)

Elaboración: El autor

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 PROCESO DE ESTUDIO

La compilación de datos en la formación de un inventario consiste en un proceso minucioso de revisión, recopilación y ordenamiento de la información existente de interés. Para llevar a cabo este proceso de ensamblaje de información se establecieron los ejes principales en los cuales se enmarcará el trabajo de búsqueda, recopilación y análisis de la información.

Los ejes principales en que se desarrolla el plan de trabajo consisten en cinco puntos claves, los cuales representan la totalidad del trabajo realizado. En una primera etapa se describen los lineamientos generales del proyecto, es decir, la delimitación de la “Zona de Estudio”. Una segunda etapa resume la información de interés que se busca reunir y la disponibilidad existente en las fuentes de búsqueda. La tercera y cuarta etapa desarrolla tanto los resultados preliminares del inventario como el análisis respectivo, en este punto se hace recurrente la determinación de consistencia de la información. Finalmente, el proceso culmina con la resolución del “Inventario (Reporte) Final”.

La Figura 15 resume de manera general el proceso de estudio empleado durante el desarrollo de esta memoria. En la línea superior de color rojo se indican los cinco ejes en los que se enmarca el “Plan de Trabajo”, y a su vez los “Hitos Temporales” en la línea inferior (color azul), estableciendo las fechas relevantes del acceso a la información. Estas se obtuvieron de distintas fuentes: de manera presencial, municipal y digital.

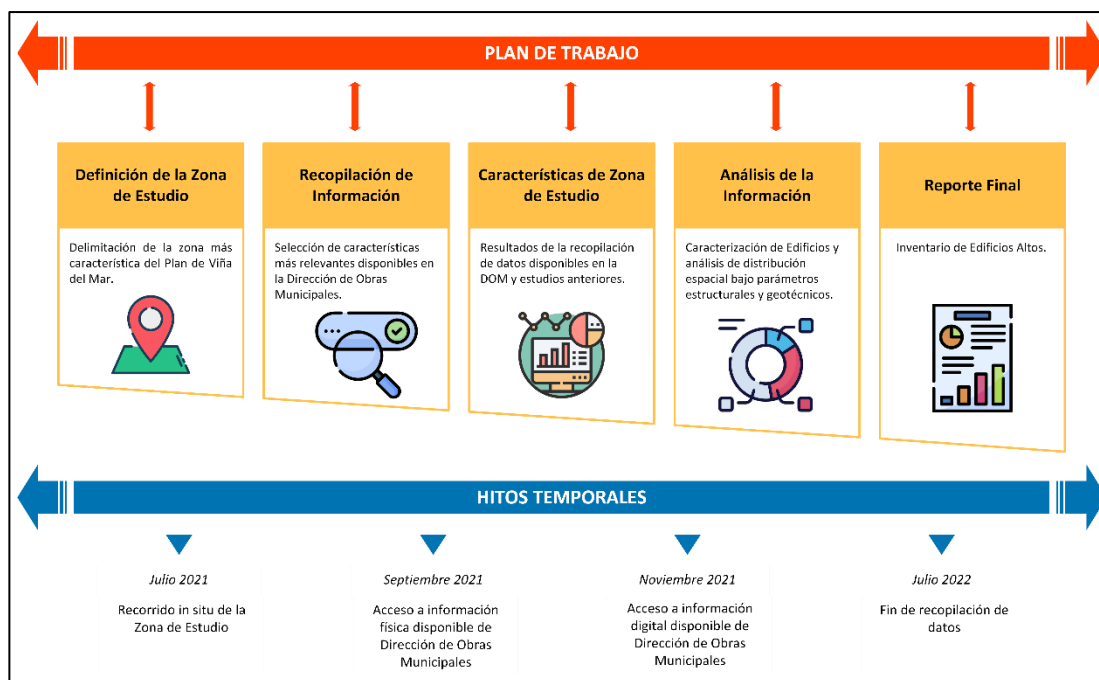


Figura 15: Plan de trabajo y ejes principales del proceso de estudio

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

3.2 ZONA DE ESTUDIO

Viña del Mar es una ciudad y comuna ubicada en la V Región de Valparaíso, está situada en el litoral central de Chile continental, sobre las cuencas de los esteros Reñaca y Marga-Marga, específicamente entre las coordenadas 33°02' latitud Sur y 71°32' longitud Oeste. En la Figura 16 se observa la ubicación a nivel continental, regional y comunal de la ciudad de Viña del Mar.

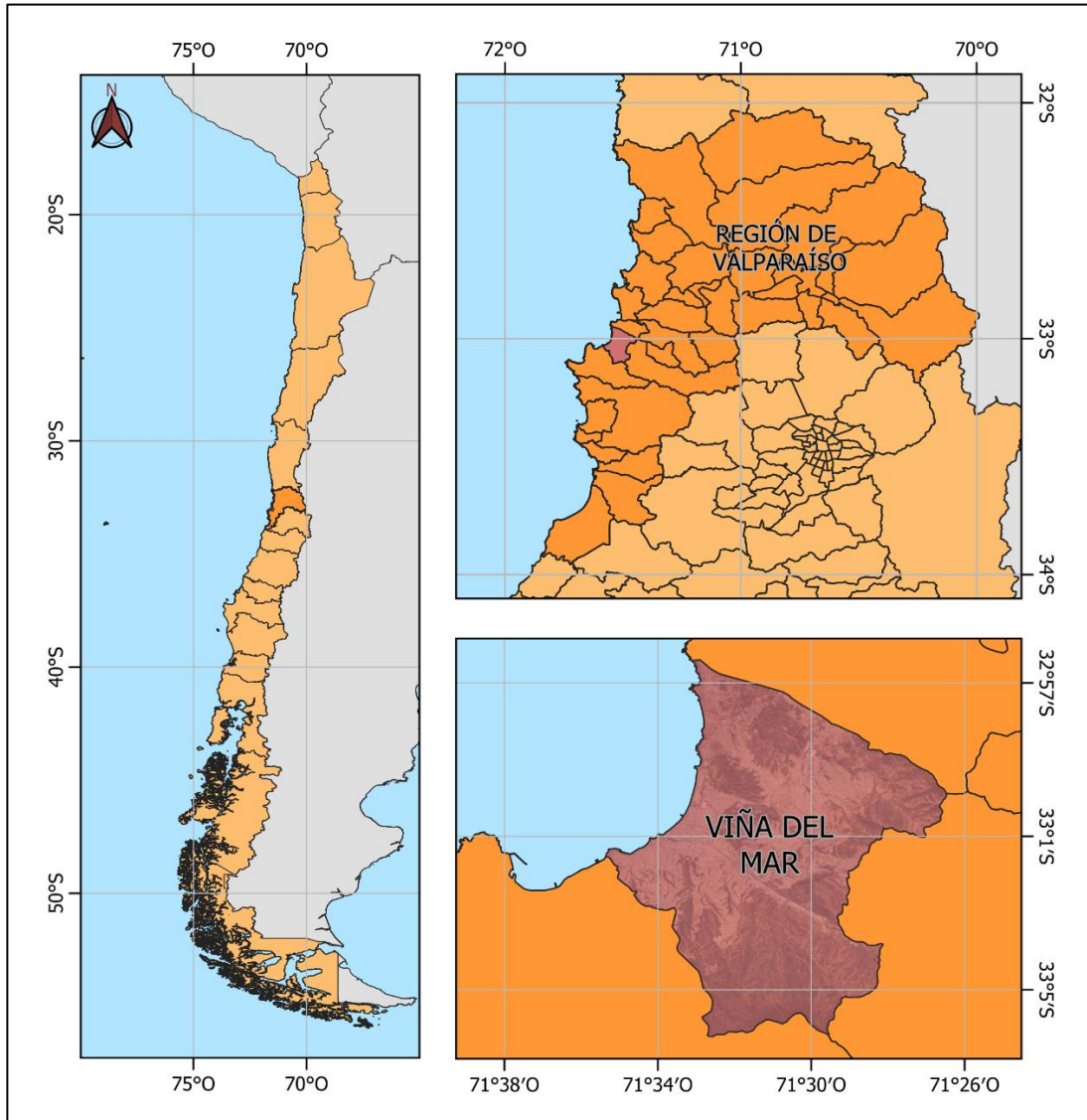


Figura 16: Ubicación geográfica de Viña del Mar

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Esta ciudad está compuesta por una amplia zona plana conocida como el “Plan de Viña del Mar”. Comprende desde la calle 24 Norte aproximadamente hasta la zona Sur a los pies del cerro Recreo. En el sector Oeste delimitado por la costa del mar del Pacífico y en la zona Oriente por el Sporting Club, uno de los lugares más representativos e icónicos de la ciudad. Dentro del Plan de Viña del Mar, se encuentra la histórica zona llamada “Población Vergara” que comprende desde la calle 15 Norte hasta el estero Marga-Marga. Por el Oeste delimitado con el Océano Pacífico y por el Este con el Sporting Club. Esta zona histórica posee la mayor concentración de edificaciones de la ciudad, con diferentes usos y ocupación predial, como también con un variado desarrollo constructivo debido al paso del tiempo.

Actualmente existe una gran cantidad de publicaciones de distinta índole realizadas respecto a esta zona, por lo que se define como “Zona de Estudio” a la “Población Vergara” más una parte al Norte de esta, donde se ubican los edificios Puerto Pacífico. También hacia el Sureste se agrega una zona colindante con el estero Marga-Marga. La Figura 17 muestra la zona de estudio delimitada de color rojo, que comprende en gran parte al sector más representativo y céntrico de la ciudad.

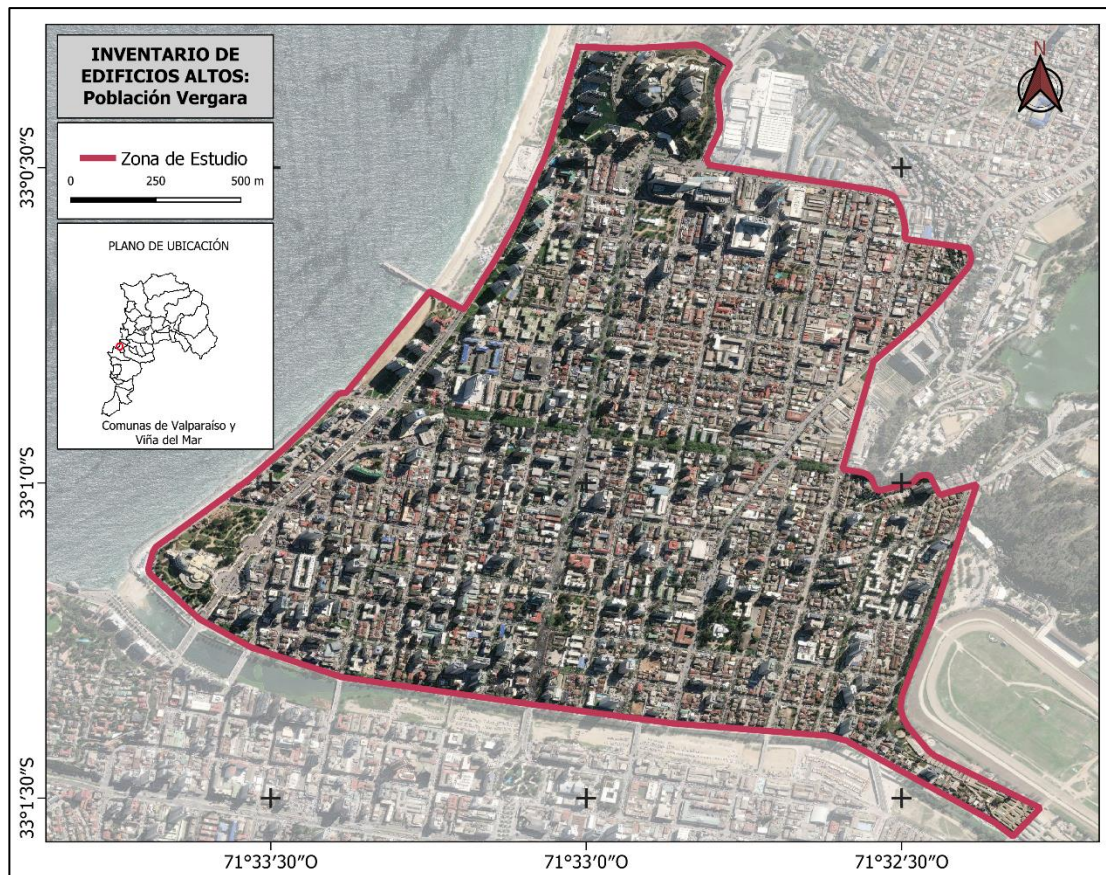


Figura 17: Mapa de delimitación de zona de estudio

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

3.3 RECOPIACIÓN Y ESTIMACIÓN DE DATOS

3.3.1 FUENTE DE DATOS

En una primera aproximación para conocer datos básicos de los edificios se realizaron visitas presenciales a la zona de estudio. Esto consistió en varios recorridos recolectando datos como: dirección exacta de la edificación, nombre, altura en N° de pisos, características arquitectónicas relevantes, entre otros. Esta información consiste en un punto de partida para su posterior búsqueda de datos y cruzamiento con información existente de otras fuentes.

La principal fuente de información existente se encuentra en la Municipalidad de Viña del Mar, específicamente en la “Sección de Archivos” de la Dirección de Obras Municipales (D.O.M.). Esta entidad es la encargada de velar por el cumplimiento, a nivel comunal, de las normas que regulan la planificación urbana y las edificaciones, por lo que en esta dependencia municipal se tiene registro de toda edificación ya construida, las cuáles previamente ingresan por un proceso de autorización respectiva y su posterior recepción de obras por parte del municipio.

La información existente al momento de su recopilación se encontraba en un proceso de digitalización. Por lo que la revisión consistió en visitas al lugar de almacenamiento de las carpetas de obras y su revisión física, como también la revisión de la información digital existente. Cabe destacar la información digital disponible no contemplaba la totalidad de las carpetas ya que el proceso de digitalización no se encontraba finalizado, por lo que gran parte de la recopilación fue realizada a través de la revisión de carpetas físicas. Además, los antecedentes disponibles no están en su totalidad debido a que la inundación del año 1984 y 1987 dañó gran parte de las carpetas disponibles.

También se utilizó una base de datos existente, que consiste en un registro realizado posterior al sismo de Viña del Mar en 1985 (Ridell, Wood, & De La Llera, 1987). Esta fuente comprendía los edificios afectados en dicho evento, con una cuantificación monetaria de los daños provocados como también un análisis de la rigidez de los edificios con mayor daño. Aun así, esta información debido a su antigüedad no está actualizada, pero permitió conocer información general y en algunos casos detallada de los edificios en los cuáles no se poseía registro debido a la inundación que afectó a la D.O.M.

3.3.2 TIPO DE INFORMACIÓN

Los daños atribuidos a los terremotos se deben a una combinación de factores, entre ellos las propiedades del suelo y propiedades de las edificaciones, entre otros. Para comprender el desempeño sísmico de los edificios frente a algún evento, es necesario conocer algunas características claves de estos. Como se mencionó anteriormente, las fuentes de datos proporcionan gran cantidad de características relevantes, estas fueron definidas de acuerdo con la información que clasificaron en el documento de San Francisco (Applied Technology Council, 2018) junto a otros parámetros de interés de acuerdo con su disponibilidad en dichas fuentes.

A partir de la principal fuente de información asociada a la D.O.M. que contiene casi en su totalidad la información de interés, junto a las demás fuentes mencionadas anteriormente, se clasifican las características del inventario y su documentación de origen en los siguientes grupos:

1. Información General: Permisos de Obras (Nuevo, Ampliación, Definitivo, Reparación)
2. Información Geográfica: Archivos SIG
3. Información Arquitectónica: Planos de Arquitectura
4. Información Estructural: Memoria de Cálculo y Planos Estructurales
5. Información Geotécnica: Memoria de Mecánica de suelos
6. Información Adicional

Cada uno de los grupos está constituido por distintos campos, y componen la clasificación del inventario final. Esta información se presenta para cada una de las edificaciones y se detallan a continuación:

- General
 - Nombre y dirección del edificio
 - Sector y rol
 - Principal ocupación
 - Fechas de permisos de obras y recepción municipal
- Geográfica
 - Polígono de planta a nivel de suelo
 - Centroide de planta a nivel de suelo
- Arquitectónica
 - Alturas representativas (edificio y pisos)
 - Número de pisos (sobre nivel de terreno y subterráneo)
 - Superficies (total, común y útil)
 - Características arquitectónicas relevantes
- Estructural
 - Normativa utilizada
 - Sistema de fundación
 - Características del edificio (períodos fundamentales, cortes basales y peso sísmico)
 - Materialidad (hormigón y acero)
 - Sistema estructural
- Geotécnica
 - Tipo de suelo (normativo)
 - Profundidad de napa
 - Profundidad de roca
 - Nivel de suelo
 - Período fundamental del suelo
 - Velocidad de ondas de corte en superficie
 - Coeficientes de Balasto
 - Período del suelo (Normativo)
- Adicional
 - Características de los ascensores
 - Número de departamentos, oficinas y locales comerciales

3.3.3 INFORMACIÓN SIG

Entre los datos mencionados anteriormente, se confecciona un archivo SIG que incluye polígonos de ubicación espacial que representan la planta principal de cada edificio, junto al centroide correspondiente a cada edificación. Este último dato permitirá extraer información geotécnica relevante, las cuáles se mencionan más adelante.

Para el caso de estimación de plantas este se realiza a partir de los planos obtenidos en la recopilación de información. Los polígonos obtenidos son aproximadamente similares a los de los planos. En algunos casos las medidas no están disponibles y se dibuja respecto a las imágenes satelitales. Aun así, estas imágenes poseen una diferencia en distancia respecto a la medida real, por lo que estos polígonos son sólo una medida bastante aproximada. El procedimiento en la mayoría de los casos se refleja en la Figura 18, se dibuja la planta en la imagen satelital y se rectifican las medidas respecto a lo indicado en los planos.

Los polígonos obtenidos permiten conocer información geográfica asociando una coordenada a cada vértice, también entrega información de su centroide, al cual se le asociará toda la información recopilada, en especial la información asociada al suelo. Y también se obtiene el área aproximada de la planta a nivel de terreno.



Figura 18: Estimación de áreas, polígonos y ubicación de la planta a nivel de suelo de los edificios a partir de herramientas SIG

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

3.3.4 ESTIMACIÓN DE DATOS GEOTÉCNICOS

La información existente recopilada a partir de los datos de la D.O.M. incluye en muchos de los edificios las memorias de mecánica de suelos. Este documento contiene una detallada caracterización del suelo donde se emplaza la edificación. Debido a los costos de realización de exploración de suelo junto a los requerimientos que indicaba la norma al momento de realizar los anteproyectos respectivos, algunos datos de interés son desconocidos y no eran parte de los estudios que contenían dichas carpetas. Estos datos corresponden a la profundidad de roca, períodos de suelos y la velocidad de ondas de corte en superficie (V_{s30}).

A partir de trabajos previos realizados en la Población Vergara, correspondientes a memorias de pregrado indicadas en el Capítulo 2, se estimaron datos relacionados a la profundidad de roca y período fundamental del suelo. Esto se realizó con una interpolación TIN que consiste en una generación de Red de Triángulos Irregulares (RTI) a partir de una capa vectorial puntual, en este caso las curvas presentadas por Serafini (2017), obteniendo como resultado capas ráster de la variable deseada. Las Figura 19 y Figura 20 muestran el resultado de la interpolación TIN para la profundidad de roca e isoperíodos respectivamente. Cabe destacar que esta interpolación es de tipo lineal, manteniendo las condiciones de borde de las curvas más alejadas, lo cual es posible notar en la parte norte de la Zona de Estudio ya que en ambos mapas las curvas no consideraban este sector. Aun así, este sector corresponde a una zona rocosa con alturas sobre el nivel de suelo mayores a los 20 metros.

Luego, para la obtención de la información de interés a partir de los mapas, se extrae el valor asociado a cada edificio con los centroides de las plantas de cada edificio.

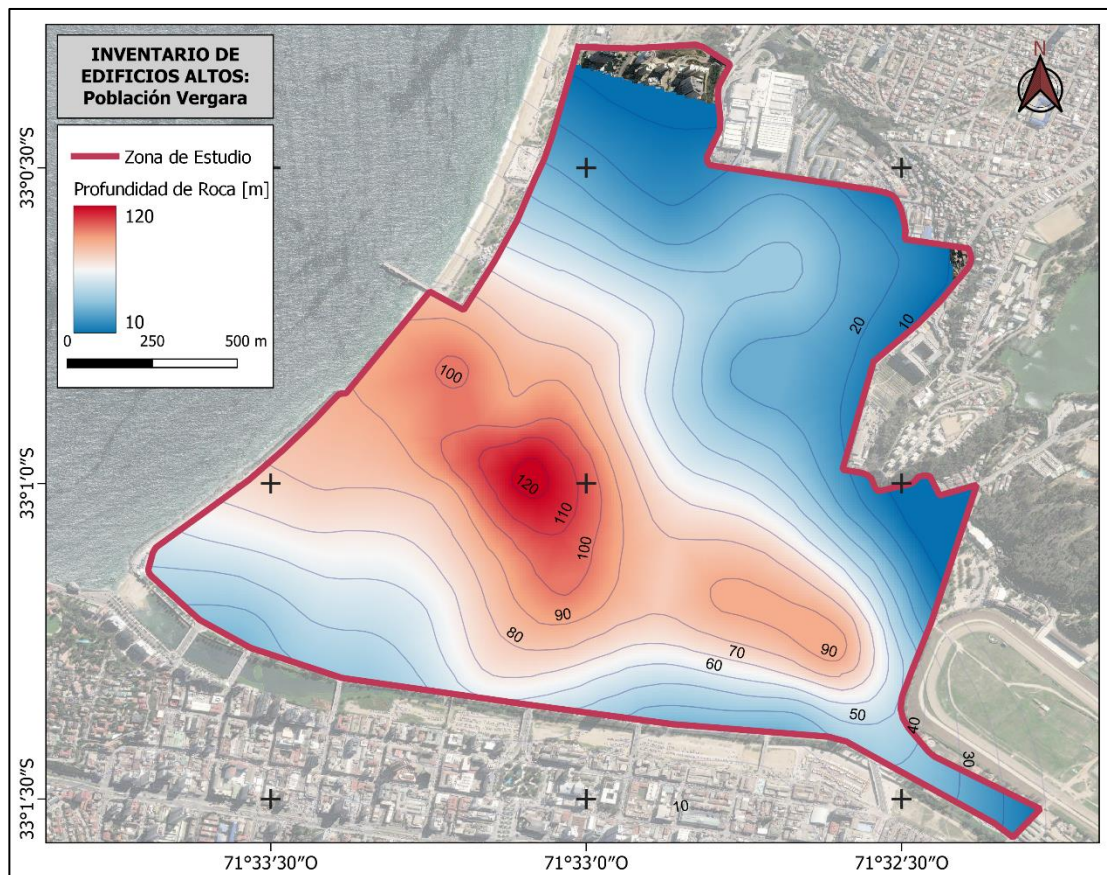


Figura 19: Interpolación TIN para profundidad de roca

Fuente: Serafini (2017)
Elaboración: El autor

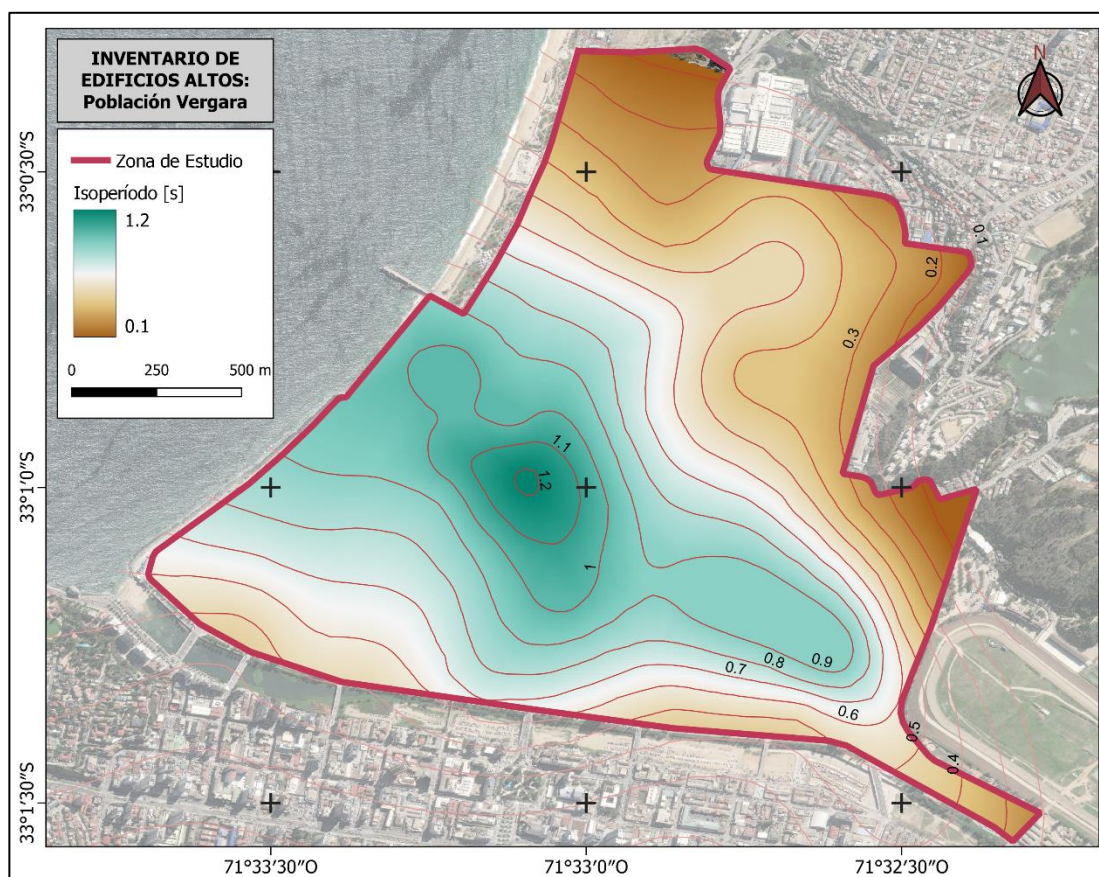


Figura 20: Interpolación TIN para períodos de suelo

Fuente: Serafini (2017)

Elaboración: El autor

3.3.3.3 Velocidad de ondas de corte en superficie (V_{s30})

Para estimar los valores de V_{s30} , se utilizan los datos dispuestos por Villavicencio & Suazo (2022) filtrados para ensayo ReMi y DownHole presentados en la Tabla 7 del Capítulo 2. Esta información se georreferencia de acuerdo con su ubicación de realización del ensayo, los cuáles se presentan en la Figura 21 junto a la información recopilada en la revisión de documentos de la D.O.M.

Esta información permite realizar una interpolación TIN al igual que en los parámetros geotécnicos anteriores. A partir de la interpolación lineal se genera un mapa de distribución de V_{s30} en la zona contenida por estos puntos. El mapa resultante de esta interpolación permitirá extraer el valor de V_{s30} asociado al centroide de cada edificación que se encuentra en la zona interpolada.

En varios casos los valores recopilados a través de los registros de la D.O.M. difieren levemente de los recopilados por Villavicencio y Suazo (2022). Cuando existían diferencias notorias, se utilizaron los indicados por dichos autores debido a la actualización y verificación de la información ya existente.

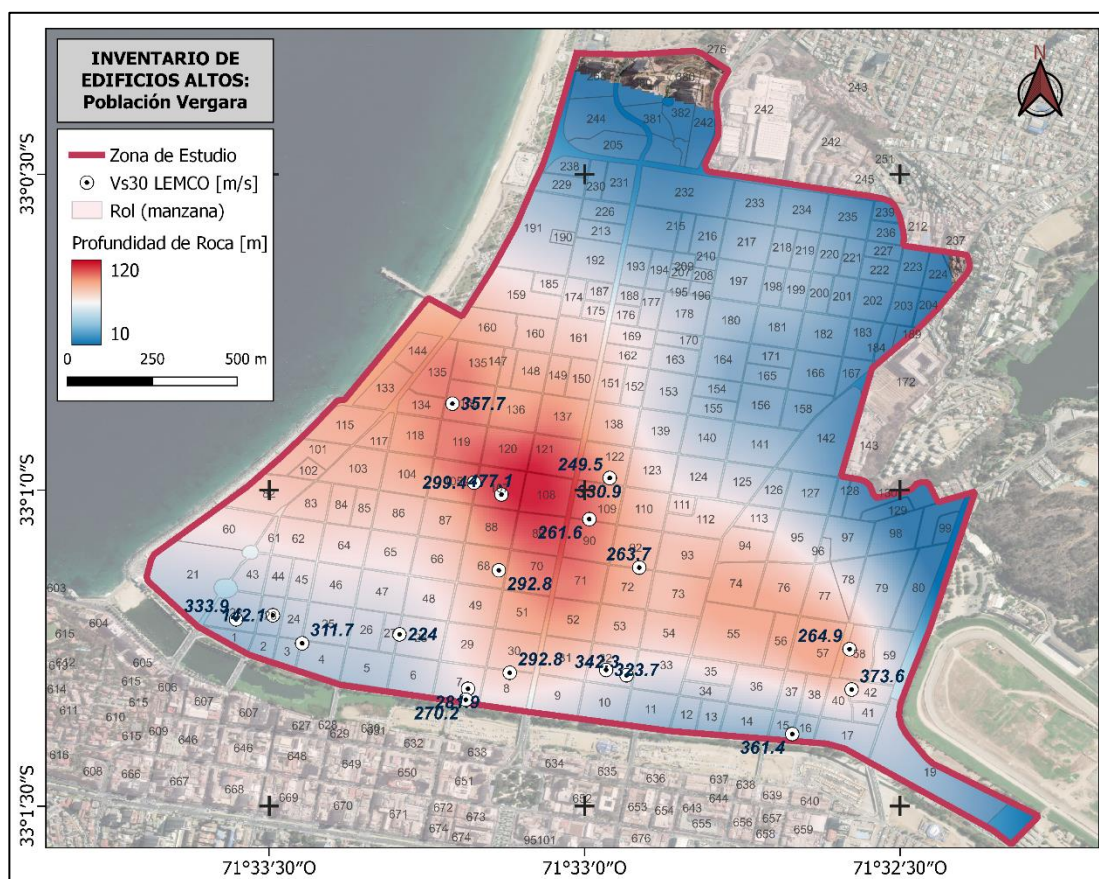


Figura 21: Ubicación de ensayos de V_{s30} y numeración de manzanas en la Población Vergara

Fuente: Villavicencio y Suazo (2022)

Elaboración: El autor

3.4 CLASIFICACIÓN DE DATOS

A partir de toda la información recopilada, estos se clasifican de acuerdo con los siguientes campos de datos:

Tabla 8: Campos de datos del inventario de edificios

Campo	Tipo de Campo	Descripción
ObjectID	Numérico	Identificación de polígono asociado a edificio
Nombre	Texto	Nombre del edificio
Calle	Texto	Calle de la dirección del edificio
Número	Numérico	Número de la dirección del edificio
Sector	Texto	Nombre del sector donde se ubica el edificio
Rol	Texto	Código de identificación de la propiedad a nivel comunal

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 8: (Continuación) Campos de datos del inventario de edificios

Campo	Tipo de Campo	Descripción
Manzana	Numérico	Identificación de manzana o cuadra donde se ubica la propiedad
Loteo	Texto	Identificación del loteo donde se ubica la propiedad
Ocupación	Numérico	Clasificación del destino del inmueble
P.O.N.	Numérico	Año del permiso de obra nueva
P.A.	Numérico	Año del permiso de ampliación
R.O.E.	Numérico	Año de la recepción definitiva de obras de edificación
Polígono	Geometría: Polígono	Coordenadas de los vértices del polígono del edificio vista en planta
Coord. X Centroide	Numérico	Longitud del centroide del polígono del edificio
Coord. Y Centroide	Numérico	Latitud del centroide del polígono del edificio
Área Polígono	Numérico	Superficie de polígono del edificio en m ²
Superficie Total	Numérico	Superficie total de edificación en m ²
Superficie Común	Numérico	Superficie común de edificación sobre el nivel de suelo en m ²
Superficie Útil	Numérico	Superficie útil de edificación sobre el nivel de suelo en m ²
Altura Total	Numérico	Altura total del edificio sobre el nivel de suelo en metros
Altura del Edificio	Numérico	Altura del edificio hasta el último piso sobre el nivel de suelo en metros
Altura típica	Numérico	Altura representativa de piso en metros
Altura atípica	Numérico	Altura atípica de piso en metros
Altura típica subterráneo	Numérico	Altura representativa de piso subterráneo en metros
Número pisos sobre nivel de suelo	Numérico	Cantidad de pisos sobre el nivel de suelo
Número de pisos bajo nivel de suelo	Numérico	Cantidad de pisos bajo el nivel de suelo
Piso de máquinas	Numérico	Número de piso donde se encuentra equipo mecánico
Características arquitectónicas	Numérico	Comentarios arquitectónicos relevantes
Normativa NCh433	Texto	Normativa utilizada en diseño estructural
Tipo de fundación	Texto	Tipo de fundación del edificio
T* _x	Numérico	Período modal del edificio en eje primario
T* _y	Numérico	Período modal del edificio en eje secundario
Q _{min}	Numérico	Corte basal mínimo normativo en Ton
Q _{max}	Numérico	Corte basal máximo normativo en Ton
Peso sísmico	Numérico	Peso sísmico del edificio en Ton
Sistema estructural	Texto	Sistema estructural resistente indicado en memoria de cálculo

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 8: (Continuación) Campos de datos del inventario de edificios

Campo	Tipo de Campo	Descripción
Concreto	Numérico	Resistencia máxima de hormigón utilizado en kg/cm ²
Acero	Texto	Tipo de acero de refuerzo utilizado
Año memoria de suelo	Numérico	Año del informe de mecánica de suelos
Tipo de suelo normativo	Texto	Clasificación normativa del suelo
Profundidad de napa	Numérico	Profundidad de napa indicada en informe de mecánica de suelos en metros
Nivel de suelo Earth	Numérico	Nivel de suelo en superficie extraída de Google Earth en metros
Profundidad de roca	Numérico	Profundidad de roca interpolado en metros
Determinación V _{s30}	Texto	Método de medición de V _{s30}
V _{s30}	Numérico	Velocidad de ondas de corte en superficie interpolado en m/s
Coef. balasto estático	Numérico	Parámetro del suelo en kg/cm ³
Coef. balasto dinámico	Numérico	Parámetro del suelo en kg/cm ³
Presión estática	Numérico	Tensión estática admisible del suelo en kg/cm ²
Presión dinámica	Numérico	Tensión dinámica admisible del suelo en kg/cm ²
Período de suelo Serafini	Numérico	Período del suelo interpolado en segundos
T _o normativo	Numérico	Período normativo del suelo en segundos
Marca ascensor	Numérico	Marca del ascensor instalado
Cantidad	Numérico	Cantidad de ascensores instalados
Capacidad	Numérico	Capacidad de carga de ascensores instalados
Velocidad	Numérico	Velocidad de transporte de ascensores instalados
Deptos.	Numérico	Cantidad de departamentos construidos
Oficinas	Numérico	Cantidad de oficinas construidas
Locales comerciales	Numérico	Cantidad de locales comerciales construidos

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

3.5 RESUMEN ACTIVIDADES

Finalmente, el proceso de confección del modelo de exposición de edificios se resume en las siguientes actividades:

- Revisión del estado del arte sobre inventarios de edificios altos en el mundo.
- Delimitación de la zona más característica de Viña del Mar, la cual definirá la zona de estudio.
- Selección de edificios con altura mayor a cuatro pisos, delimitado en zona de estudio.
- Levantamiento de información disponible (general, memorias de cálculo, memorias de suelos, planos de arquitectura y estructurales) en la Dirección de Obras Municipales (D.O.M.) a partir de carpetas de recepción definitiva de obras.
- Selección de características más relevantes a partir de datos obtenidos en la D.O.M. siguiendo metodología empleada en Applied Technology Council (2018).

- Selección y comparación de datos de otras fuentes, (Vargas, 2016).
- Estimación de áreas, polígonos y ubicación de la planta a nivel de suelo de los edificios a partir de herramientas GIS.
- Estimación de datos geotécnicos (V_{s30} , períodos del suelo, profundidad de roca) a partir de estudios previos (Serafini, 2017).
- Condensación y filtrado de la información obtenida.
- Caracterización de Edificios a partir de análisis estadísticos de la base de datos.
- Distribuir espacialmente información de interés bajo parámetros estructurales y geotécnicos.
- Integración de base de datos a información GIS.
- Consolidación de Inventario de Edificios Altos.

3.6 ALCANCES Y LIMITACIONES

La recopilación de la información está destinada a los edificios mayores a 4 pisos. Esta convención de altura está orientada a relativizar edificios de alturas medias a altas, ya que se busca -en un futuro- estudiar con mayor detalle el comportamiento de los edificios altos de la ciudad. Por tanto, este límite filtra todas las edificaciones menores incluyendo patrimonios históricos, casas, y edificaciones de menor altura.

Este informe describe una metodología replicable para el desarrollo de un inventario de edificios “altos” en cualquier sector del país, donde la motivación principal es cuantificar los edificios en términos de altura, antigüedad, uso, características arquitectónicas, estructurales y geotécnicas. También está destinado a colaborar como base de datos para futuros trabajos sobre los riesgos asociados con los edificios existentes y mejorar la planificación y el diseño de los edificios futuros, además de informar la planificación de la respuesta y recuperación ante emergencias.

La revisión de la información disponible indicó que algunos parámetros pueden ser contradictorios entre distintos documentos. Uno de los casos más recurrentes es la información de superficies totales, comunes y útiles. Entre los documentos presentados y los recibidos por la municipalidad existieron algunos casos con diferencias, pero el criterio para incluirlos en la base de datos se basaba en la documentación más actual. En otros casos que se identificaron parámetros confusos de diferentes documentos de origen, se seleccionaron los valores más representativos según el juicio del autor para su inclusión en la base de datos.

CAPÍTULO 4: CARACTERIZACIÓN DE EDIFICIOS

4.1 CARACTERÍSTICAS DEL INVENTARIO

El inventario de edificios incluye información detallada sobre 326 edificios de más de 4 pisos de altura, que actualmente existen en la Población Vergara. La Figura 22 muestra en su mayor extensión la concentración de los edificios en el sector estudiado, la mayoría de los edificios se encuentran entre 1 Norte y 10 Norte, mientras que los edificios de mayor altura se encuentran en el sector norte de la “Zona de Estudio”.

Los datos recopilados presentan información parcialmente completa de la totalidad de los edificios, los cuáles fueron obtenidos principalmente de la información Municipal (D.O.M.) en conjunto con información disponible en línea y los datos de imágenes satelitales. Además, se encontró y/o confirmó información limitada a partir de estudios anteriores. El conjunto de datos resultante, aunque no es perfecto, es más completo y confiable que los datos disponibles en una sola fuente.



Figura 22: Vista panorámica de la zona de estudio, de izquierda a derecha el Sur y Norte

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Las estadísticas resumidas de la base de datos de edificios sobre los 12 metros de altura aproximadamente se proporcionan a continuación según la altura, la ocupación, la fecha de recepción municipal, el número de pisos sobre el nivel de suelo y el tipo de fundación.

- **Número de pisos sobre el nivel de suelo:** Un 12% del inventario está sobre los 20 pisos de altura, el 48 % de los edificios estudiados están en el rango de 5 a 9 pisos que corresponde a la mayor concentración del sector estudiado, y el 40 % está entre 10 y 19 pisos.
- **Altura hasta último piso:** Cerca del 42% del inventario está bajo los 25 metros, seguido de un 30% que está en el rango 25-38 metros. Los edificios sobre los 38 metros abarcan un 28% y sólo 14 de ellos superan los 63 metros de altura.
- **Ocupación:** Aproximadamente el 88% de los edificios tienen un destino habitacional como principal ocupación. En cambio, un 10% tiene un destino comercial y cerca del 2% son destinados a salud y educación.
- **Fecha de recepción municipal:** Alrededor del 39% del inventario de edificios fue construido entre 1990 y 2004, siguiendo con la época de 2005-2019 con un 26%. La construcción de edificios sobre cuatro pisos tuvo un crecimiento lento en la época de los 60's, y luego un crecimiento considerable desde 1980 en adelante.

- **Tipo de fundación:** Aproximadamente el 34% de los edificios no posee información de su fundación. Del porcentaje restante, se divide principalmente en un 47% fundado con losas, un 18% con zapatas y menos de 1% con pilotes.

La Figura 23 muestra la distribución espacial de los edificios en la zona de estudio, se observa que la mayoría de los edificios no supera los 15 pisos, habiendo un gran predominio de la edificación de mediana altura. Una gran parte de los edificios estudiado se concentra en la zona sur de la Población Vergara y en zonas bastante transitadas como lo son la vía principal calle Libertad y el paseo costero en la avenida Perú.

Si consideramos las construcciones de edificaciones a través de los años del sector, estos tienen un aumento considerable a medida que la ciudad va desarrollándose. En los inicios, predominan los edificios de baja altura menores a 20 metros en pleno proceso de ampliación de la ciudad hacia el sector más industrializado. A medida que avanzan los años y considerando las nuevas formas de construcción junto a la disponibilidad predial, existe un período donde se construye cerca del 40% de los edificios combinando variados factores tanto a nivel municipal como a nivel país. Resultando en general un sector donde hay un fuerte dominio habitacional.

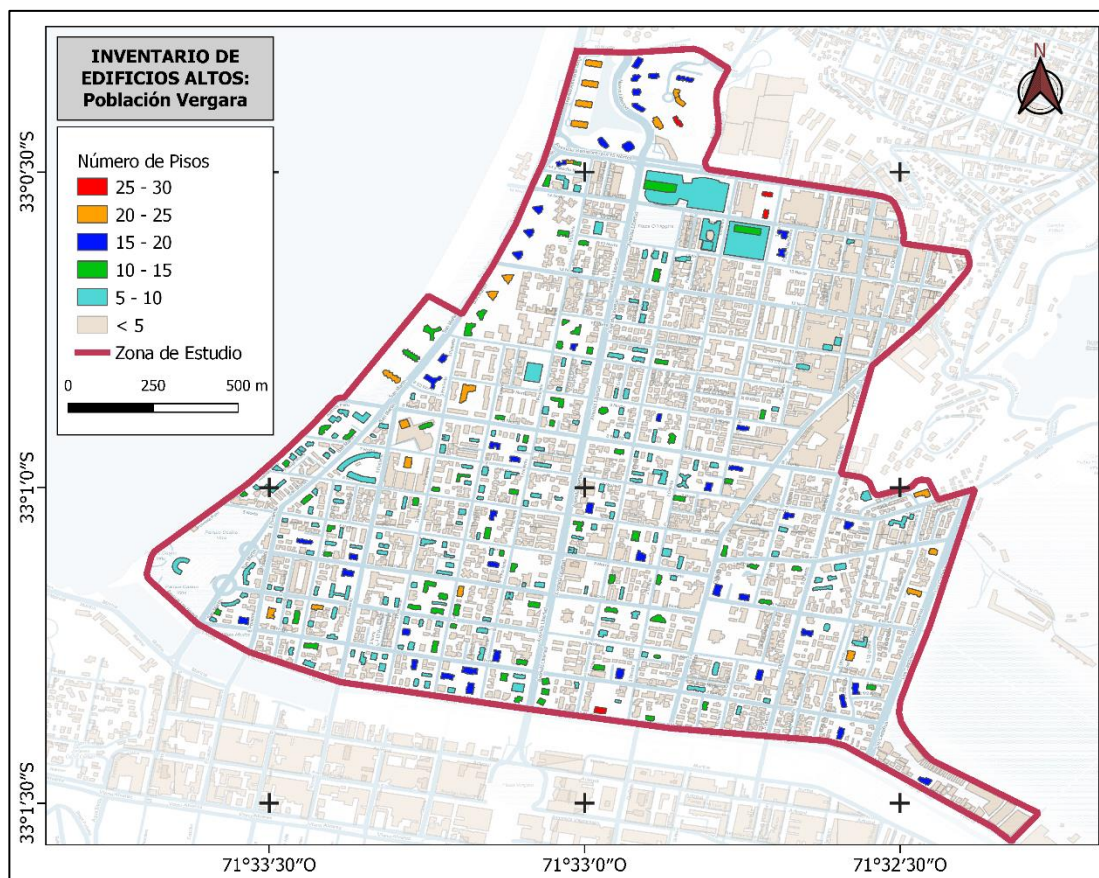


Figura 23: Mapa de distribución espacial de número de pisos sobre nivel de suelo

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

4.2 DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

La información obtenida a través de las distintas fuentes permitió cruzar detalles relevantes de los edificios en estudio. Estas características en su mayoría fueron seleccionadas por criterio y fecha más actual, priorizando la información obtenida a través del municipio. En general la fuente con mayor información fue la D.O.M. con un 71,1% en el caso de la documentación que incluía las memorias de suelos y de cálculo, y con un 84% del total con documentación relacionada a los planos de arquitectura y estructurales (ver Tabla 9).

En cambio, la información recopilada de manera digital fue considerablemente menor, donde los documentos consistían principalmente en la información legal de las edificaciones, es decir información notarial, compraventas de predios, entre otros. En varias oportunidades, la información para un mismo edificio fue encontrada solo en una de las fuentes, lo cual está ligado al proceso logístico de digitalización de los archivos municipales.

Tabla 9: Porcentajes de información del total de edificios estudiados para distintas fuentes

Formato de Información			
PDF Archivo	PDF Plano	Fotos Archivo	Fotos Plano
47,4 %	13,5 %	71,1 %	84,0 %

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

El detalle de la información anterior solo considera las fuentes de acceso de la D.O.M., lo que no constituye el total de la información obtenida. Las características de los edificios fueron obtenidas de distintos documentos facilitados por diferentes departamentos de la municipalidad, junto a la inspección visual que permitió conocer características arquitectónicas generales. Y para el caso de edificios muy antiguos donde no existían registros se utilizó la base de datos de Ridell, Wood, & De La Llera (1987).

Tabla 10: Porcentajes de información arquitectónica y legal de los edificios

Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje
Año Permiso Obra Nueva	97,85 %	Superficie Común [m ²]	62,58 %	Altura típica de piso [m]	89,57 %
Año Ampliación	30,06 %	Superficie Útil [m ²]	68,40 %	Altura típica Subterráneo [m]	73,93 %
Año Recepción Definitiva	96,93 %	Altura Total [m]	74,85 %	Número de pisos sobre el nivel suelo	100,00 %
Superficie Total [m ²]	90,49 %	Altura del edificio [m]	89,57 %	Número de pisos bajo el nivel del suelo	89,57 %

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Tabla 10 muestra los porcentajes más relevantes de la información municipal, legal y arquitectónica. En la mayoría de los casos hay un alto porcentaje de información, conociéndose en gran parte sus características geométricas y fechas de permisos de obras. En varios edificios no existía información acerca de los pisos subterráneos y tampoco se pudo

conocer de manera visual, en cambio, la información geométrica de los edificios se obtuvo directamente de los planos de arquitectura y/o estructural (ver Tabla 11) y en algunos casos desde la base de datos de Ridell, Wood, & De La Llera (1987). Esta base de datos permitió conocer algunos detalles de los edificios pero teniendo en cuenta que en cierta medida no aplicaban a la información actual debido a modificaciones posteriores de las edificaciones.

Tabla 11: Porcentajes de información estructural de los edificios

Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje
Fecha de la normativa de diseño aplicada en el edificio	28,53 %	Q_{min}, Q_{max} [Ton]	10,43 %	Concreto [kg/cm ²]	54,91 %
Tipo de sistema de fundación del edificio	65,95 %	Peso Sísmico [Ton]	11,04 %	Tipo de acero	53,07 %
T* [s]	13,19 %	Material del edificio	36,50 %		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Los datos de carácter geotécnico son obtenidos directamente de las memorias de suelos, esta información representa alrededor del 30% del total de edificios. En cambio, los datos que fueron interpolados a través de trabajos previos en esta zona varían del 70 al 100% de la totalidad. En el caso de la velocidad de ondas de corte en superficie, la concentración de datos existentes abarcaba cerca de la mitad de la zona de estudio. Lo que permitió, junto a la interpolación de esta variable conocer el valor de gran parte de los edificios estudiados, ya que se concentran en este sector en particular, obteniendo un 74,54% de información del total de edificios (ver Tabla 12).

Tabla 12: Porcentajes de información geotécnica de los edificios

Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje	Campo	Porcentaje
Año memoria de cálculo	37,12 %	Profundidad Roca Serafini [m]	98,2 %	Presión suelo [kg/cm ²]	35,88 %
Tipo de suelo normativo	31,29 %	Método de determinación V_{s30}	5,83 %	Períodos Serafini [s]	100,00 %
Profundidad de napa de agua [m]	29,75 %	V_{s30} [m/s]	74,54 %	T_o Normativo [s]	30,06 %
Nivel de suelo Earth [m]	100,00 %	Coef. Balasto [kg/cm ³]	26,38 %		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

El Gráfico 2 presenta la cantidad de edificios con relación a la fecha de construcción y la cantidad de pisos. Las barras de color naranja que representan un 22,4% del inventario de edificios altos está en el rango de 15 a 24 pisos, construidos entre los años 2000 hasta la actualidad, este segmento representa la construcción más reciente junto a los cambios en la tipología de construcción en la zona de la Población Vergara, presentando una tendencia a edificios de alturas sobre 15 pisos.

La parte sombreada en verde destaca la mayor cantidad de construcción de edificios situando una concentración de estructuras menores a 15 pisos, que representan poco más del 50,6% del inventario, construidos entre los años 1990 y 2020. En general esta tipología de alturas es la predominante en la zona de estudio.

El porcentaje restante de edificios construidos componen un 23,3% del total, de estos se nota una diferencia a partir de los 15 pisos, donde la concentración de edificios menores a esta altura corresponde también a los más antiguos. Aun así, casi todos los edificios se encuentran bajo los 25 pisos, donde los mayores a esta altura corresponden a edificios post 2010. A un 3,7% del total se desconoce su información de permiso de obra nueva (P.O.N.).

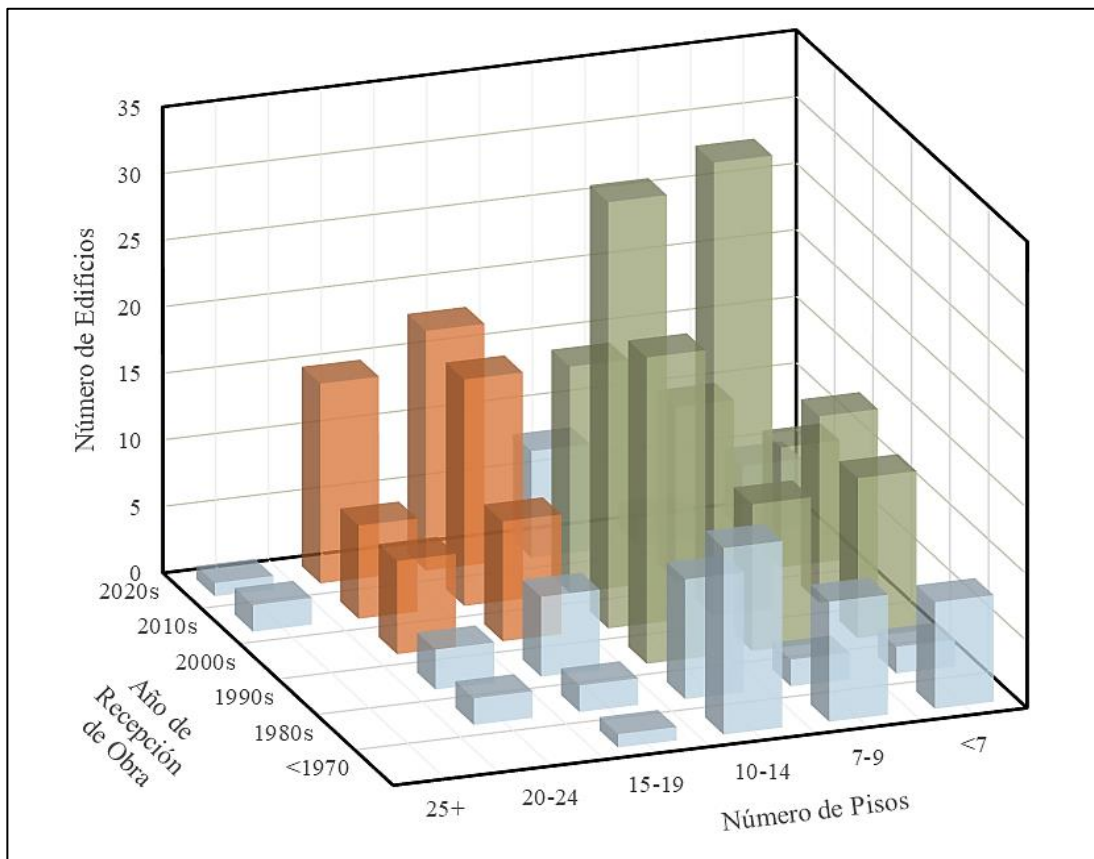


Gráfico 2: Clasificación de número de edificios por número de pisos sobre nivel de suelo y año de recepción de obra

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

La Tabla 13 y Tabla 14 resumen la cantidad de edificios agrupados por altura total y antigüedad del permiso de obra nueva de la zona de estudio, presentando sus valores de recuento y normalizado, estos se presentan para una totalidad de 289 edificaciones, correspondiendo a la cantidad total de información de altura, a diferencia del Gráfico 2 que relaciona la cantidad de edificios agrupados por número de pisos asociado al año de recepción definitiva de obra.

Tabla 13: Resumen de número de edificios por altura y año de permiso de obra nueva

Altura [m]	Cantidad	<1960	1960-1974	1975-1989	1990-2004	2005-2020	2020+
60+	15	0	0	2	5	8	0
41-60	58	0	3	7	7	38	3
21-40	148	0	18	35	72	2	1
hasta 20	68	1	8	16	33	8	2
Total	289	1	29	60	117	76	6

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 14: Resumen de porcentaje de edificios por altura y año de permiso de obra nueva

Normalizado [Porcentaje]							
Altura [m]	Cantidad	<1960	1960-1974	1975-1989	1990-2004	2005-2020	2020+
60+	5,2	0	0	0,7	1,7	2,8	0
41-60	20,1	0	1,0	2,4	2,4	13,1	1,0
21-40	51,2	0	6,2	12,1	24,9	7,6	0,4
hasta 20	23,5	0,4	2,8	5,6	11,4	2,8	0,7
Total	100	0,4	10,0	20,8	40,4	26,3	2,1

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Tabla 14, nos muestra la tipología de las edificaciones en los primeros años de este registro (menores a 1960), con un porcentaje menor al 1% de edificios sobre los 4 pisos. En este período las construcciones eran principalmente casas, casonas y edificación pareada, mientras que los terrenos aún eran de uso industrial. En el período 1960-1974 se establece la verticalización de viviendas, con una tipología inicial de condominios de baja altura y en menor medida edificaciones sobre los 4 pisos. De estos, la mayoría (con un 6,2% del total) se concentra entre los 20 y 40 metros, dando paso cada vez a edificaciones de mayor altura.

El gran aumento en las construcciones ocurre luego de la década de los noventa. Este período de 1990-2004 concentra la mayoría de las edificaciones del inventario con un 24,9 % del total edificios entre 20 y 40 metros de altura. En este período entra en vigencia el primer Plan Regulador Comunal, lo cual dota a la ciudad de variados edificios de diferentes alturas y con grandes espacios de áreas verdes debido a la disponibilidad predial del sector.

A diferencia de los períodos anteriores, entre 2005-2020 la concentración de edificios radica en construcciones de altura entre 40 y 60 metros. Cada vez los predios son más escasos y la fusión predial aumenta siendo mucho más común la verticalización. Aun así, son pocas las edificaciones que superan los 60 metros, pero aumentan respecto al período anterior. En el período actual (2020 a la fecha), se mantiene la lógica de la verticalización, pero hay una disminución notable de las edificaciones que se debe en gran parte a la disponibilidad de los predios, con una zona cada vez más poblada que busca maximizar el uso de suelos y las condiciones de edificación.

El Gráfico 2 y la Tabla 14 nos indican, como era de esperar, una relación entre la altura y la edad de los edificios. Muy pocos de los edificios sobre los cuatro pisos de Viña del Mar se construyeron antes de 1975, y la mayoría de los edificios de menor altura (bajo los 20 metros) mantienen una proporción aproximadamente constante. Esta tendencia disminuye en el período de 2005 en adelante, ya que cada nuevo edificio reemplaza a varios más antiguos de menor altura.

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Los datos recolectados se obtuvieron a partir de las memorias de mecánica de suelos disponibles para cada edificación. Para ello se seleccionaron las características geotécnicas del suelo de fundación y el tipo de clasificación de suelos de acuerdo a la normativa vigente del año de edificación de la estructura. Esta clasificación está georreferenciada con las demás características del edificio en el centroide de este, por lo que se muestra el tipo de suelo disponible asociado a cada edificación.

La información recopilada indica que el suelo de la mayor parte de la zona de estudio se clasifica de acuerdo a la NCh433 Of.93 entre suelo tipo II (51,9%) y tipo III (23%), con una amplia distribución de este tipo de suelo en la zona. En cambio, para la nueva clasificación de la actual normativa, las más recientes edificaciones poseen una clasificación de suelo predominantemente con suelo tipo D (ver Gráfico 3). Los edificios que poseen clasificación tipo I se encuentran geográficamente en zonas de rocas en la parte norte de Viña del Mar.

Cabe destacar que antes del 2010 la clasificación del tipo de suelo se adoptaba de acuerdo a ensayos de penetración estándar, lo que generalmente significaba una profundidad máxima de exploración entre 6 y 20 metros, razón por la que la gran parte de los registros clasificaban como suelo Tipo III. Con la actualización de la normativa a través del D.S. 61 la profundidad mínima de exploración se fijó en 30 metros, mejorando significativamente la caracterización y clasificación del suelo, esto se traduce en que el suelo Tipo III posee subdivisiones para su clasificación. Aun así, se observaron bajo los 30 metros de profundidad suelos finos en estado blando, por lo que se requiere una evaluación geotécnica adicional en la zona para caracterizar el comportamiento de las estructuras (Villavicencio & Suazo, 2022).

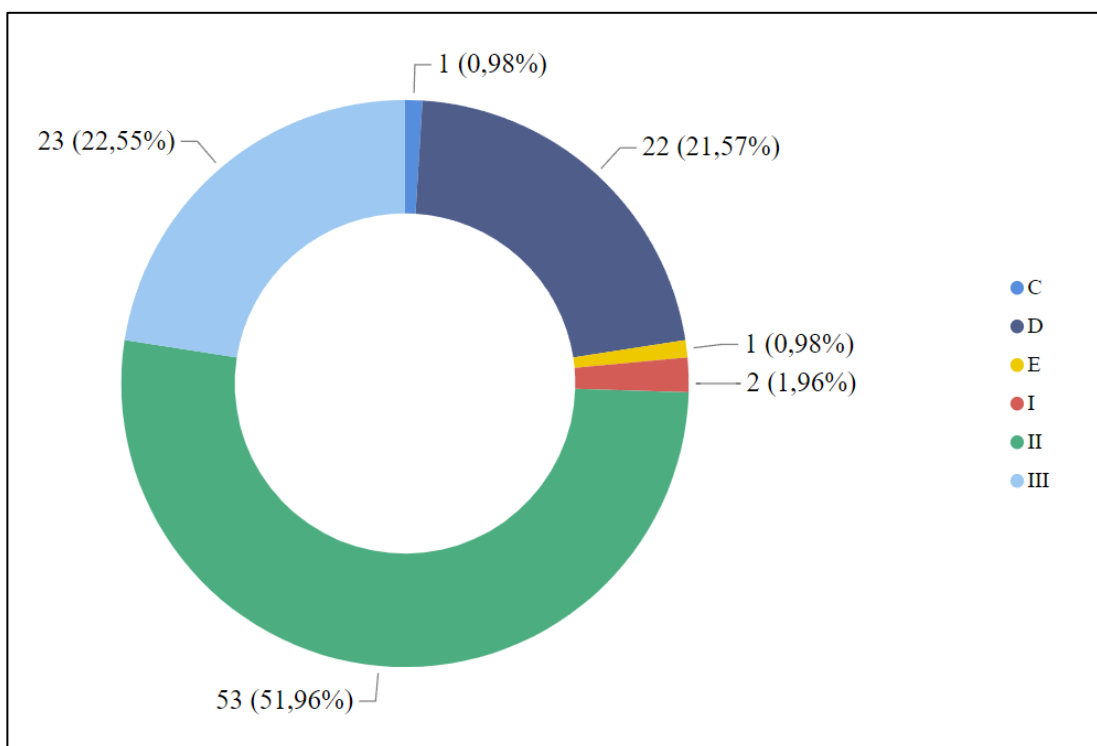


Gráfico 3: Distribución porcentual de tipo de suelo clasificados mediante NCh433

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

4.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS EDIFICIOS

El área de estudio contiene 326 edificios en su totalidad, algunos de ellos corresponden a condominios donde agrupan 2 o más edificios con características similares. Aunque no existe la totalidad de información para todos los edificios, estos se dividen principalmente por tipo de información obtenida, los cuales están clasificados en los gráficos que se presentan a continuación. Estos son agrupados por características principales, específicamente por tipo de ocupación y por tipo de fundación, y a la vez caracterizado por información relacionada a cualidades geométricas y estructurales, junto a fechas importantes del proceso de tramitación de permisos municipales que en general coinciden con las fechas constructivas de la edificación.

El tipo de ocupación se clasifica en cinco grupos principales. Estos están orientados a los servicios empleados en la zona, que de acuerdo con el Gráfico 4, la mayoría de las edificaciones (88,03%) poseen un uso habitacional y el resto se divide en servicios comerciales, salud y educación. Respecto a la ocupación mixta con uso habitacional, se considera como tal cuando la edificación posee a lo menos un local comercial en el edificio, que en casi todos los casos su ubicación corresponde al primer nivel de este. Esta ocupación, con un 23,3% de concentración, es la segunda tipología más típica detrás de la ocupación habitacional con un 64,7% y que concentra en su mayoría edificios menores a 10 pisos.

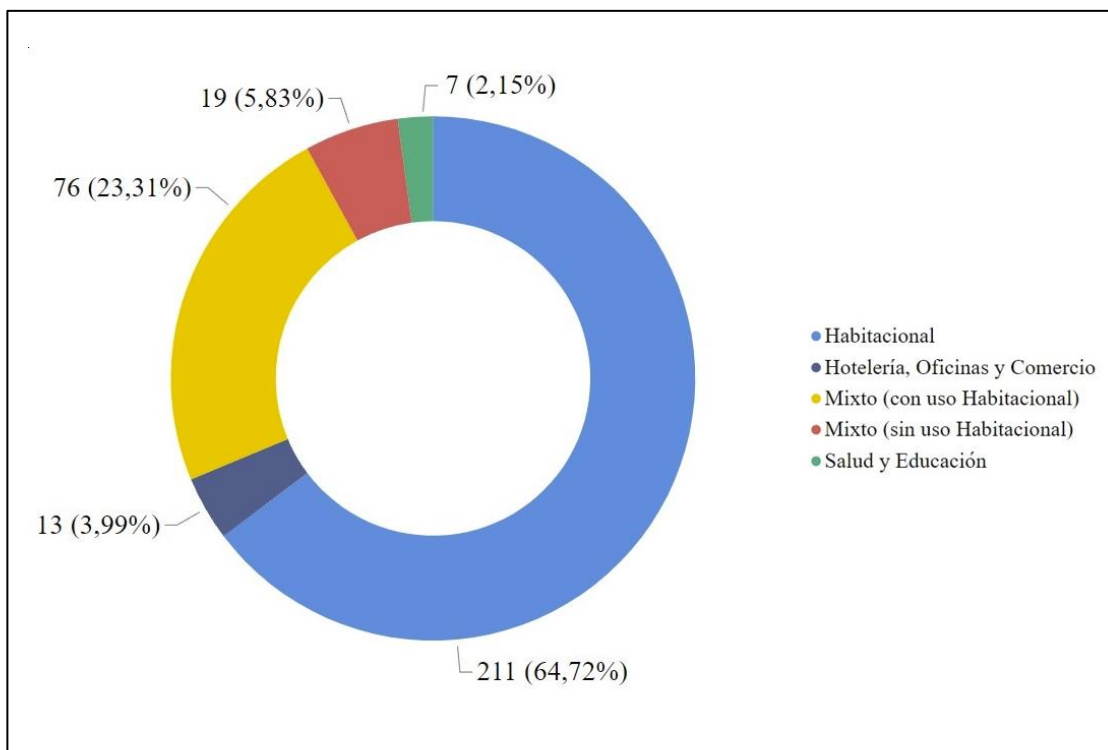


Gráfico 4: Clasificación de edificios por tipo de ocupación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Los Gráficos 4 y 5 muestran los edificios agrupados por tipo de ocupación, donde se puede apreciar un decrecimiento en la concentración de edificios a medida que aumenta la altura de pisos, concentrado un 48,46 % del total entre los 5 y 10 pisos. Esta relación de tipo de ocupación varía a mayor altura, donde existe un claro predominio habitacional, a diferencia de los destinados a servicios que en general se ubican bajo los 15 pisos.

Si se observa esta misma distribución, pero en relación con la fecha de recepción de obra definitiva, se presenta un período de alta edificación entre 1990 y 2005, combinando distintos tipos de edificaciones que se debió a cambios en la política económica chilena (Ridell, Wood, & De La Llera, 1987). Aun así, debido a la demanda de predios del sector y que cada vez son más escasos, las edificaciones disminuyeron paulatinamente, ya que en el período 2020-actualidad solo hay 7 edificaciones.

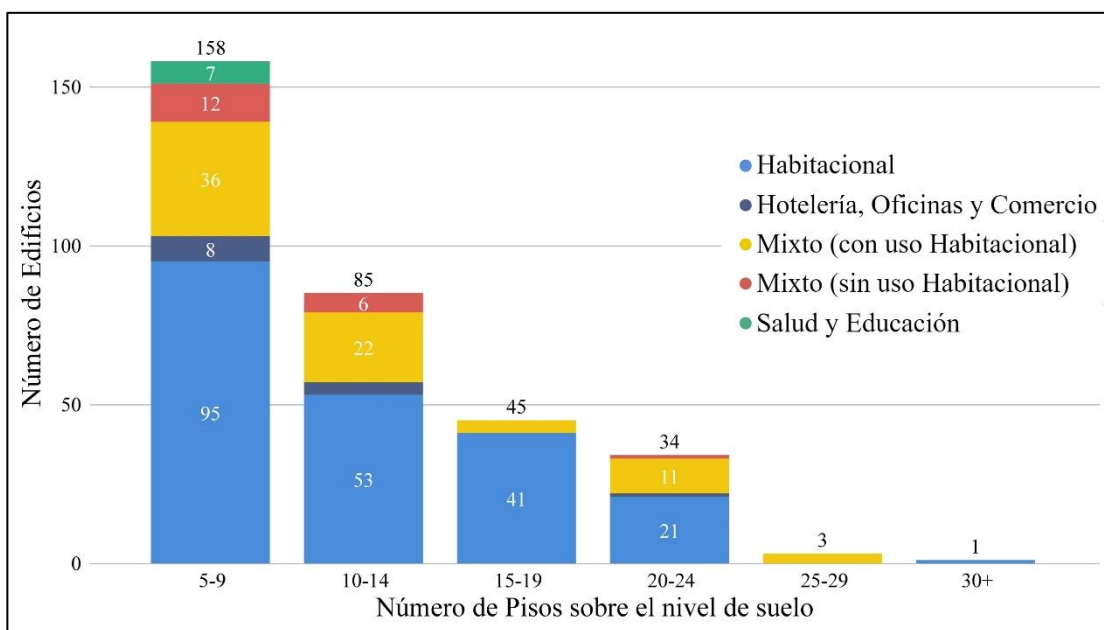


Gráfico 5: Número de edificios versus número de pisos sobre nivel de suelo, agrupados por tipo de ocupación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

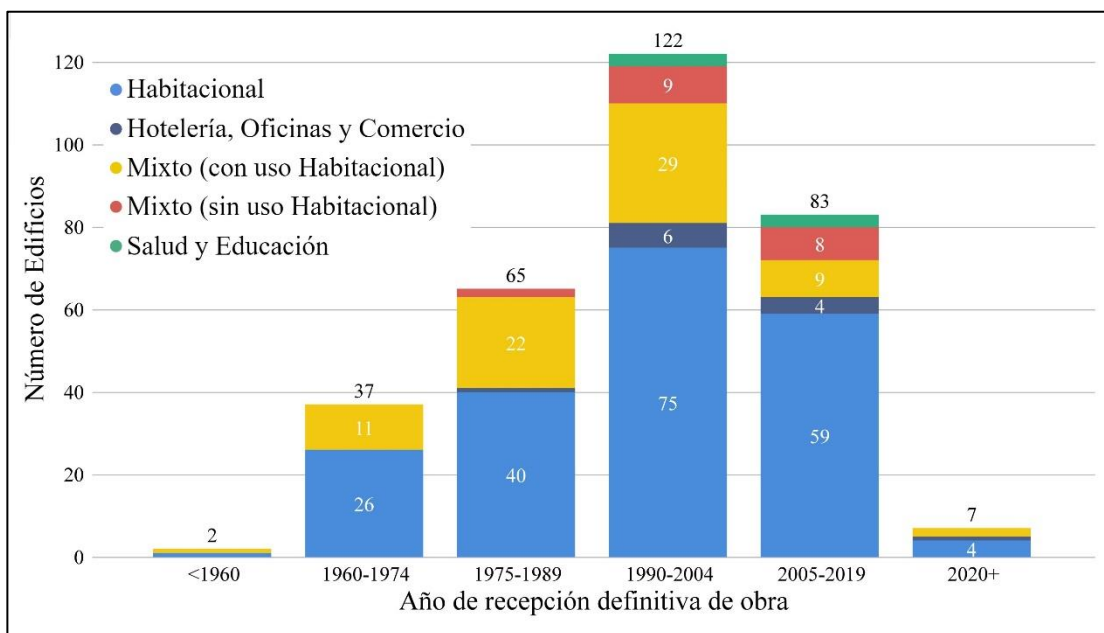


Gráfico 6: Número de edificios versus año de recepción definitiva de obra, agrupados por tipo de ocupación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

El Gráfico 7 proporciona una distribución de los sistemas de fundación utilizados, con un porcentaje de información desconocida del 34%. La fundación predominante, con poco menos de la mitad de los edificios, corresponde a fundación tipo losa, siendo la tipología más común y utilizada. El resto de las fundaciones consiste en zapatas poco profundas, y el menos utilizado corresponde a pilotes en solo 2 edificaciones.

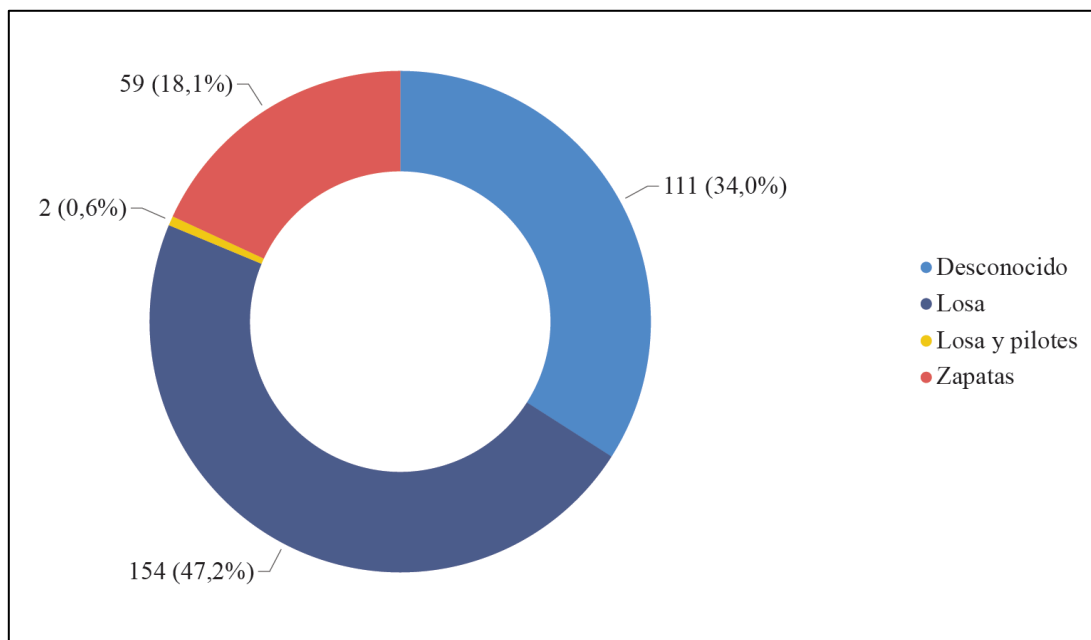


Gráfico 7: Clasificación de edificios por tipo de fundación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Así mismo, el Gráfico 8 agrupa los edificios por tipo de fundación y por número de pisos subterráneos, en el que la mayoría se concentra entre 1 y 2 subterráneos. Esta tipología incluye en gran parte a las edificaciones de baja y mediana altura. También hay un segmento que no posee pisos subterráneos y que en algunos casos están fundados sobre zócalos. Este tipo de edificaciones son de bajos pisos y su año de construcción es anterior a la década de los 90's.

Respecto a la concentración del tipo de fundación en el tiempo, el Gráfico 9 muestra el año de recepción de obra de las edificaciones. Al igual que en el Gráfico 6, hay una gran concentración en el periodo 1990-2020. La distribución por período es similar en los distintos segmentos, pero hay un crecimiento de fundación tipo zapatas entre 1960 y 2004. Luego de este período se concentra principalmente en la fundación tipo losa, los cuales corresponden a edificios de mayor altura.

El tipo de fundación utilizado para cada edificación varía respecto a las condiciones geotécnicas del suelo a fundar. El Gráfico 10 muestra la distribución de edificios respecto a la profundidad de roca interpolada a partir de los datos de Serafini (2017). La distribución de tipo de fundación en general se mantiene en las distintas profundidades de roca, donde el grupo principal de fundación es el tipo losa y en menor magnitud zapatas. Cabe destacar que la construcción de edificios se concentra en zonas donde la roca está bajo los 40 metros de profundidad.

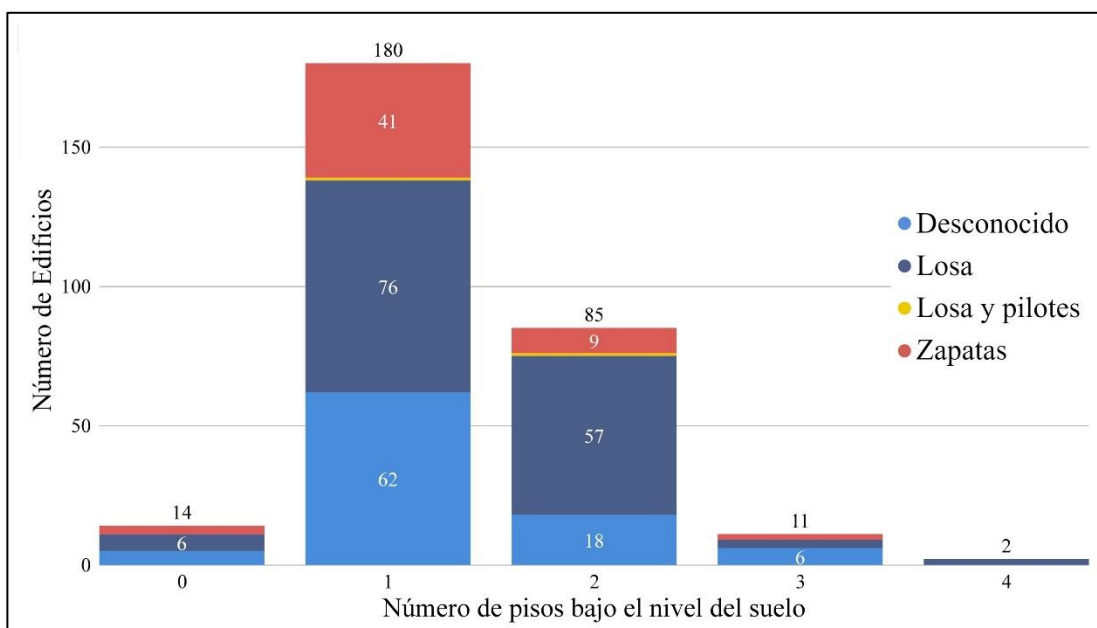


Gráfico 8: Número de edificios versus número de pisos bajo el nivel de suelo, agrupados por tipo de fundación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

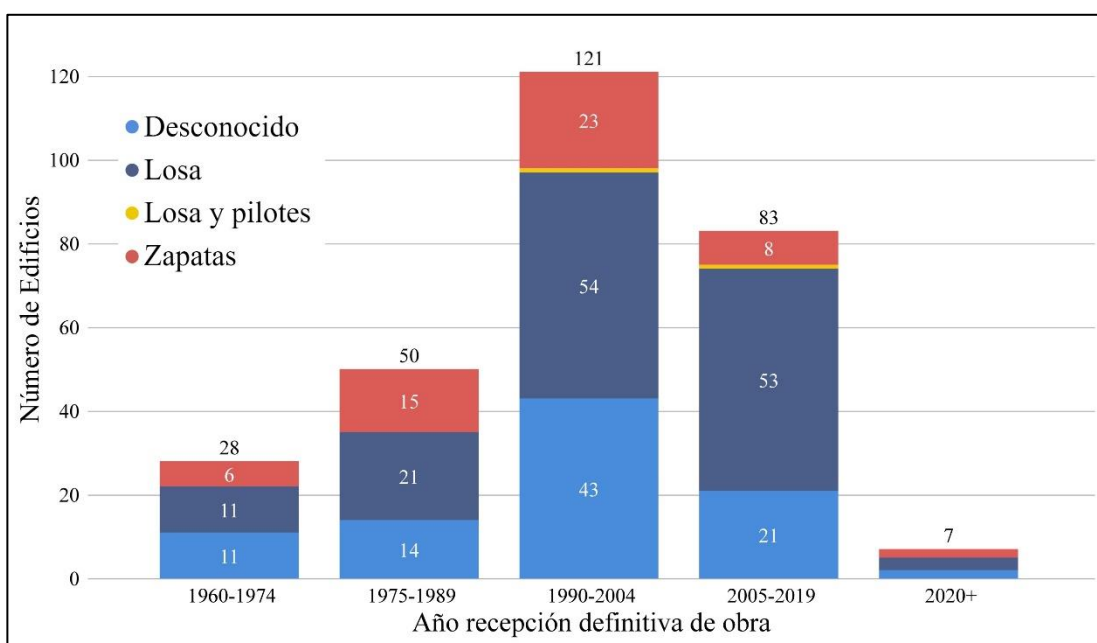


Gráfico 9: Número de edificios versus año recepción definitiva de obra, agrupados por tipo de fundación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

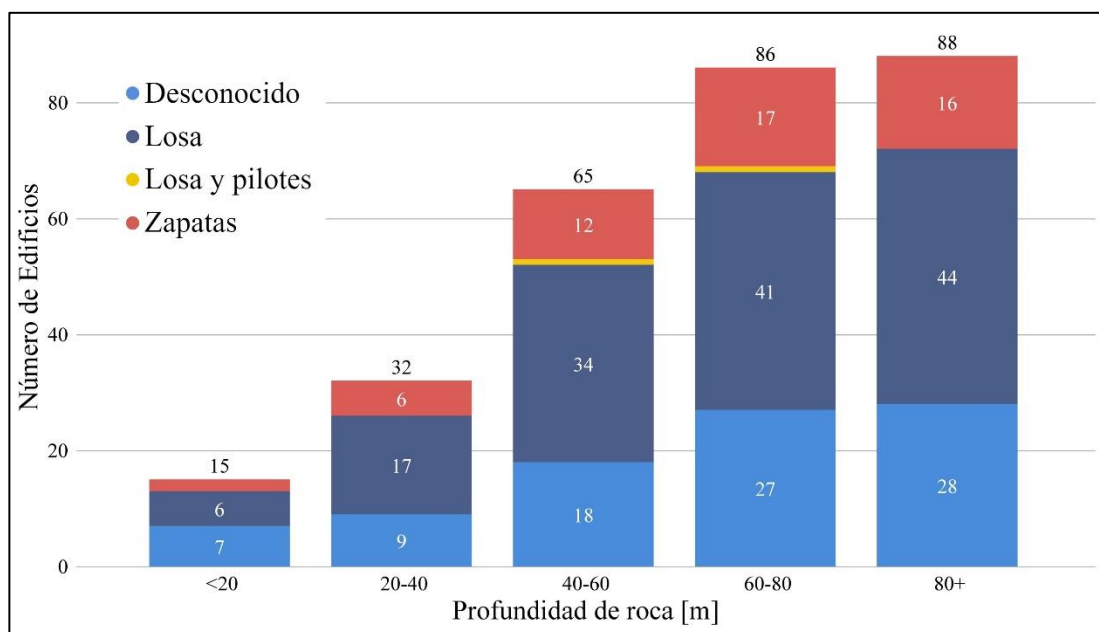


Gráfico 10: Número de edificios versus profundidad de roca, agrupados por tipo de fundación

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

4.5 EDIFICIOS MÁS ALTOS

Los edificios de la zona de estudio están definidos en un rango entre los 13 y 81 metros de altura total, y que en promedio bordea los 35 metros de altura. Muchos de ellos son icónicos debido a sus formas irregulares en vista en planta como también por su destacada arquitectura, la cuál ha sido influenciada por la identidad de la ciudad. Por esta razón muchos de los edificios más altos se destacan por ser modernos y con arquitecturas más convencionales. Estas construcciones en su gran mayoría han sido realizadas alrededor de los últimos 30 años.

De acuerdo al Gráfico 11, si consideramos todos los edificios con información acerca de su altura y registros de recepción de obra en la zona de estudio. La mayor concentración está bajo los 40 metros y antes del año 2010. Luego de este período hay un notorio incremento en edificios sobre los 30 metros de altura y una disminución en la cantidad de estos.

La agrupación en clústeres es un método para identificar grupos similares de información en un conjunto de datos de tal manera que los objetos del mismo tengan una misma propiedad. Se utiliza la agrupación en clústeres K-means, el cuál asigna la pertenencia del clúster minimizando las diferencias entre los elementos de un clúster y maximizando la distancia entre clústeres (Jin & Han, 2010). Este método asigna un centroe de manera arbitraria, por lo que se clasificaron los edificios estudiados en cuatro grupos principales de acuerdo a su altura total y su año de recepción municipal. Se identifican claramente tres períodos característicos junto a tres tipos de alturas principales para los cuatro clusters (ver Tabla 15). En un primer grupo (Cluster 4), se encuentran edificios antiguos y de baja altura. El segundo y tercer grupo (Cluster 1 y 3) son parte del segundo período, abordando principalmente edificios de 1985 a 2010. En estos se dividen por tipología de altura, con edificios de baja y mediana altura en el contexto de la zona de estudio. Finalmente, como se ha comentado anteriormente,

están los edificios más altos de la ciudad, superando la altura de 35 metros y también siendo los más nuevos de la zona (Cluster 2).

Tabla 15: Clasificación de Clústeres en relación al R.O.E. y Altura total en metros

Cluster	Año	Altura Total [m]
1	1997	37,67
2	2012	56,36
3	1999	22,25
4	1972	24,9

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

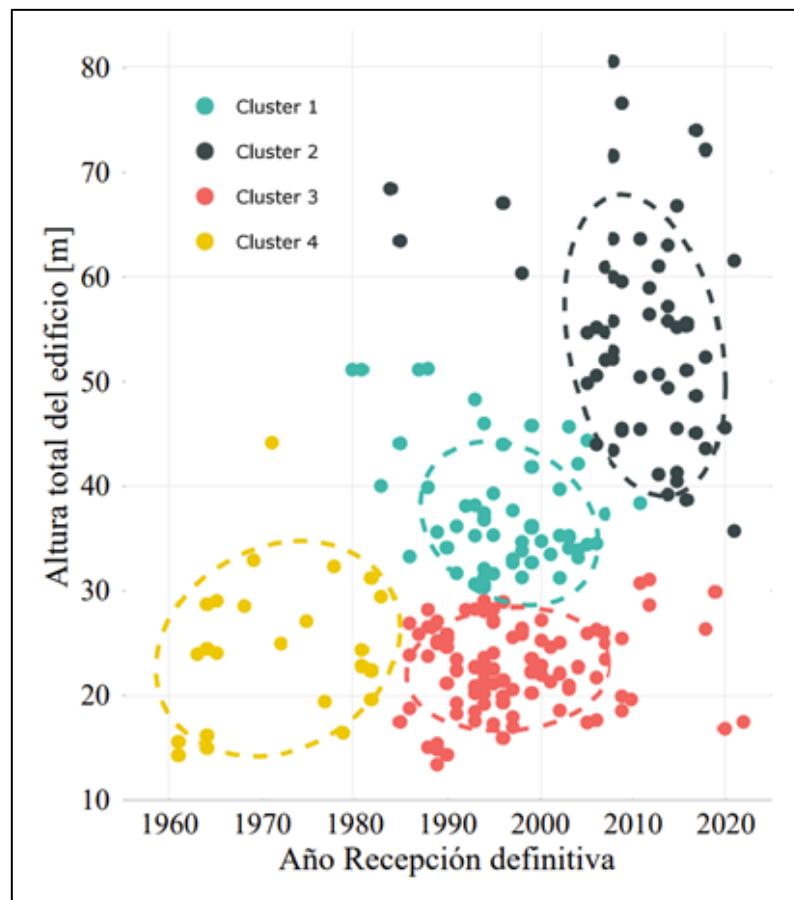


Gráfico 11: Altura de edificios versus año de recepción definitiva e indicadores de alturas clasificados mediante clústeres por método K-means

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Si consideramos la cantidad de edificios que existen actualmente en la ciudad, Viña del Mar es una de las ciudades que alberga más edificios en Chile, siendo la segunda comuna con más edificaciones en todo el país con cerca de 2000 edificios en su totalidad (Valencia,

2014). Aun así, no es la ciudad que concentra los edificios más altos del país y sólo uno de ellos se encuentra dentro de los 40 edificios más altos de Chile (Miranda, 2016).

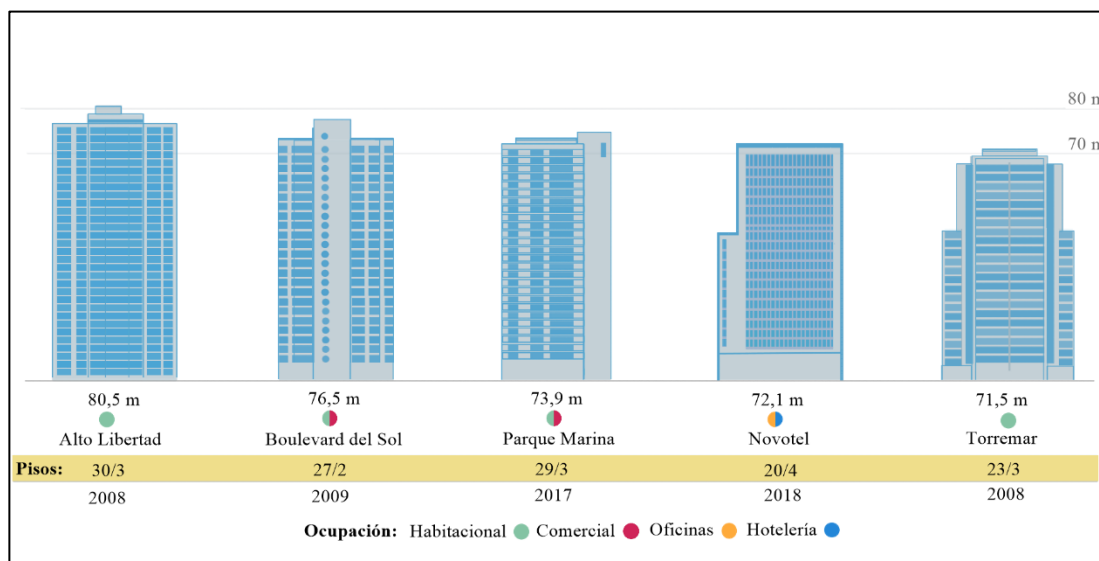


Figura 24: Edificios más altos de la zona de estudio

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La Figura 24 muestra los 5 edificios más altos de la zona de estudio, todos ellos construidos y recepcionados después del año 2000. También son los únicos edificios de esta zona que superan los 70 metros de altura. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, predomina el uso habitacional, donde el edificio Novotel es el único de esta lista que brinda servicios de Hotelaría y Oficinas. Estos edificios están ubicados cerca de los límites de la zona de estudio. En particular los edificios Alto Libertad, Boulevard del Sol y Torremar se encuentran ubicados en la zona norte, el edificio Parque Marina se ubica al sur cercano al Marga- Marga, mientras que el edificio Novotel se encuentra en el centro del plan de Viña del Mar.

4.6 EDIFICIO REPRESENTATIVO

La Figura 24 presentada anteriormente, muestra que uno de los edificios más altos corresponde al edificio Novotel, el cual se presenta como representativo debido a la consistencia de información obtenida durante el proceso de recopilación. Este edificio es relativamente nuevo con P.O.N. año 2015, posee una cantidad total de 20 pisos y 72,1 metros de altura total posicionándose en el 4º lugar de edificios más altos de la zona de estudio. Y de acuerdo con la metodología y la cantidad de información disponible al momento de la recopilación, este representa a un edificio típico de la zona de estudio, es decir la mayoría de los edificios estudiados poseen documentación similar a la que se describirá a continuación. De todas maneras, el edificio Novotel es uno de los edificios con la información más completa y detallada del inventario.

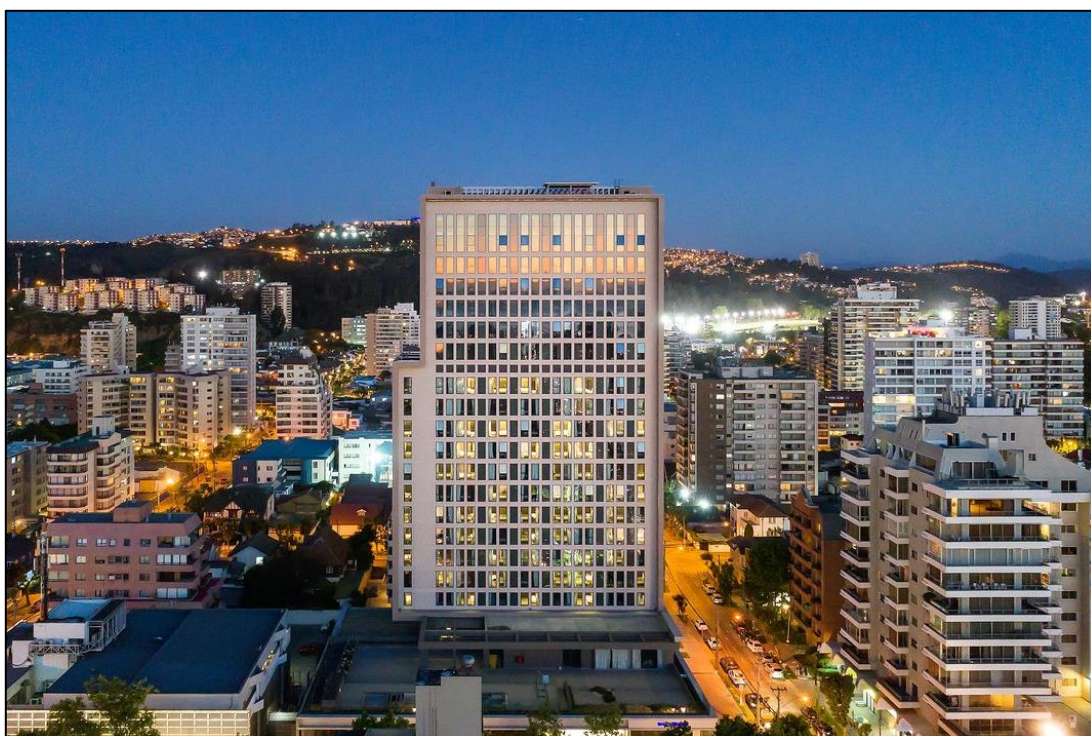


Figura 25: Edificio Novotel, ubicado en calle 6 norte

Fuente: Novotel

Elaboración: Novotel

El edificio Novotel cuenta con un programa de hotel, oficinas y placa comercial que brinda nuevos servicios a la ciudad de Viña del Mar y está ubicado en el centro de la ciudad. Fue diseñado con criterios de eficiencia energética y atributos de sustentabilidad que son verificados a través de la aplicación de la Certificación LEED NC BD+C en agosto de 2020. Su construcción e inversión fue llevada a cabo por la inmobiliaria Playa Mansa implicando una inversión de alrededor de US\$ 20 millones, mientras que la empresa hotelera solo está encargada de la operación de este, cuenta con 141 habitaciones y una ocupación promedio de 70%.

A continuación, se presenta, como ejemplo del trabajo realizado, la pormenorización de la información recopilada del edificio Novotel.

La Tabla 6 detalla la información general del edificio, en el cual su tramitación municipal comprende entre los años 2015 y 2018. Entre sus características principales, posee un uso mixto sin uso habitacional, entre servicios de hotelería, oficinas y comercial dividida en 20 pisos. Los primeros 4 pisos corresponden a locales comerciales, del piso 5 al 14 se ubican los servicios de hotelería, del piso 15 al 20 se encuentran los servicios de oficinas y los 4 subterráneos son de uso exclusivo de estacionamientos.

Tabla 16: Información general de edificio Novotel

Campo	Valor	Campo	Valor
ObjectID	194	Rol	109-13
Nombre	Novotel	Ocupación	Mixto (sin uso Habitacional)
Calle	6 Norte	Año Permiso Obra Nueva	2015
Número	745	Año Recepción Definitiva	2018
Sector	Pob. Vergara		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La ubicación del edificio está en una de las vías principales y sector centro de la zona estudiada, específicamente en calle 6 Norte #745 y ocupa el predio 13 de la manzana 109. La Figura 26 ubica la planta del edificio en vista satelital, acompañado de los edificios mayores a 4 pisos a su alrededor. Según la información recopilada presentada en la Tabla 17, la ubicación aproximada del centroide del edificio es 71,549866° O, 33,017206°S.

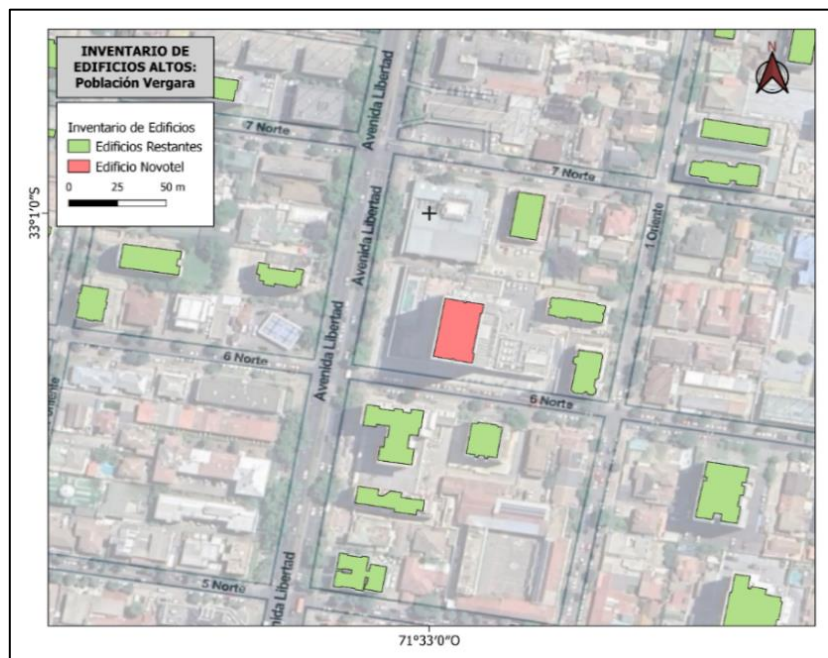


Figura 26: Ubicación geográfica de edificio Novotel

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

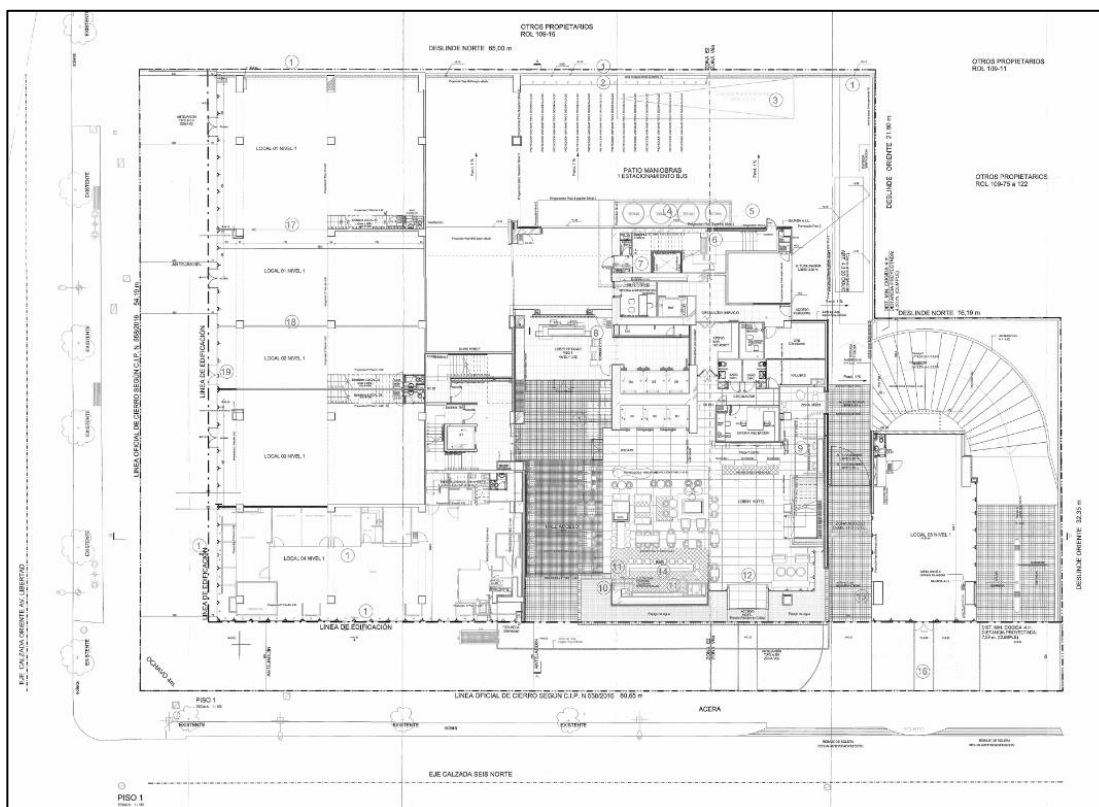


Figura 27: Plano de arquitectura de primer piso de edificio Novotel

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

La información disponible para cada edificación se divide principalmente en memorias de cálculo estructurales, memorias de suelos, planos estructurales, planos de arquitectura e información legal para la tramitación municipal de este tipo de estructura. Para este edificio, se disponía de planos, información legal y memoria de cálculo estructural. Esta documentación permitió conocer algunas configuraciones geométricas diferentes a la mayoría de las edificaciones de la zona de estudio.

Tal como indica la Tabla 17, el edificio posee distintas alturas en donde la información mostrada representa a los pisos principales. El edificio tiene una altura atípica de 5,5 metros, el que simboliza a uno de los pisos del primer nivel. En los demás pisos, a excepción del piso 15, la altura típica de entrepiso es de 3 metros. A diferencia de las demás edificaciones, este edificio es uno de los pocos que tiene diferentes variaciones de altura de entrepiso, pero para efectos de registros, se consideró solo la altura máxima de ellas como atípica. La Figura 27 y Figura 28 muestran la vista en planta y corte en elevación del edificio. En esta última se observa la distribución de alturas de entrepisos.

Las demás características mostradas hacen alusión a las superficies construidas. La superficie total de 25.558,76 m² considera toda construcción de la edificación, incluyendo pisos subterráneos. En cambio, la superficie común y útil está especificada solo para pisos sobre el nivel de suelo. En el caso del área del polígono, este valor corresponde a una aproximación de

Fuente: El autor
Elaboración: El autor

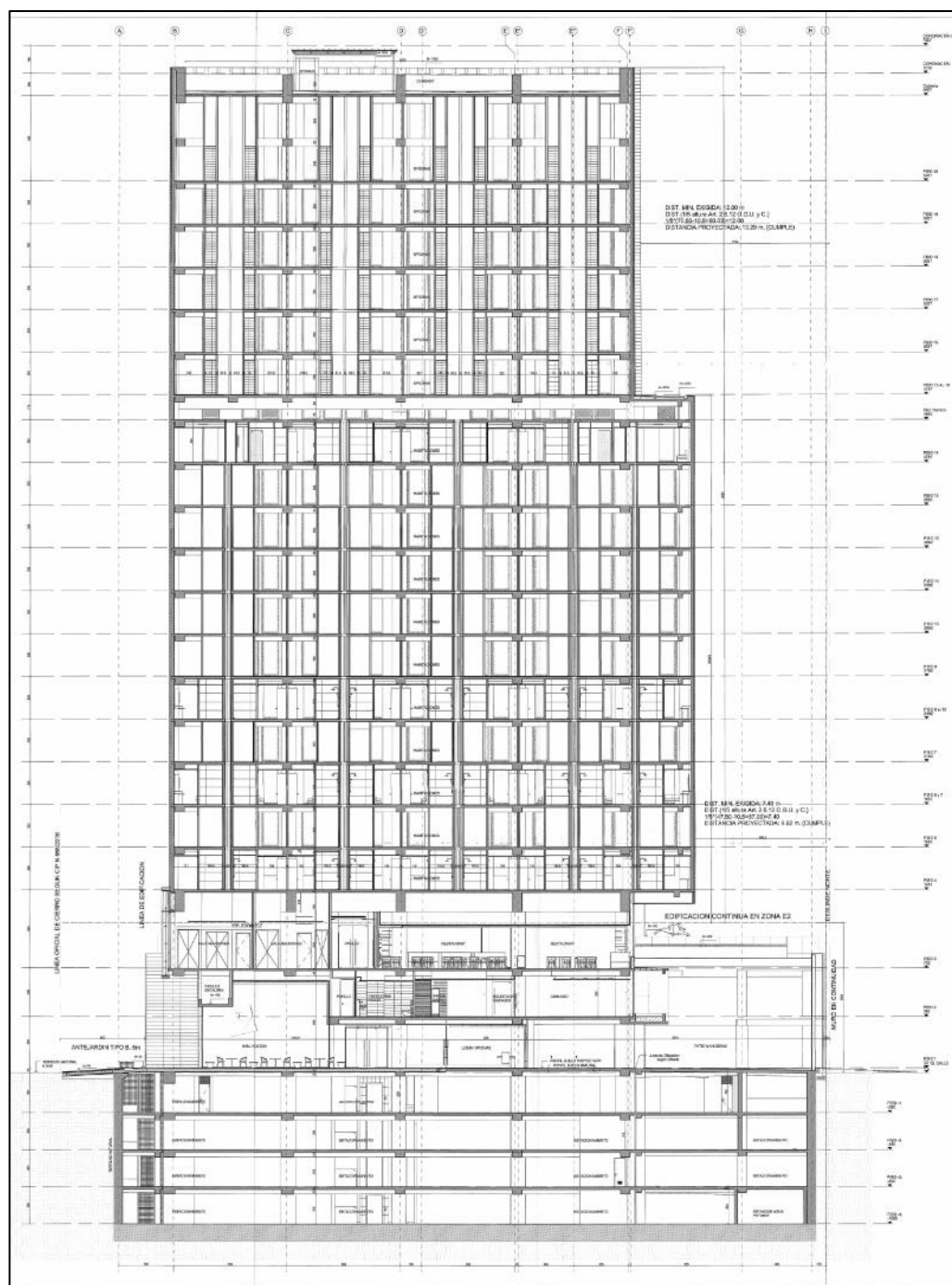


Tabla 17: Información geográfica y geométrica de edificio Novotel

Campo	Valor	Campo	Valor
Coord. X Centroide	-71,549866	Altura del edificio [m] ¹	68,57
Coord. Y Centroide	-33,017206	Altura típica de piso [m]	3
Área Polígono [m ²]	595,27	Altura atípica de piso [m]	5,5
Superficie Total [m ²]	25.558,76	Altura típica Subterráneo [m]	2,6
Superficie Común [m ²]	2.200,72	Número de pisos sobre el nivel suelo	20
Superficie Útil [m ²]	10.846,34	Número de pisos bajo el nivel del suelo	4
Altura Total [m]	72,07		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Tabla 18: Información estructural de edificio Novotel

Campo	Valor	Campo	Valor
Normativa de diseño aplicada en el edificio	NCh433 Of. 96 mod 2009 DS 61	Q _{max} [Ton]	4.185
Tipo de sistema de fundación del edificio	Losa	Peso Sísmico [Ton]	20.762,9
T*x [s]	1,52	Concreto [kg/cm ²]	300
T*y [s]	1,6	Tipo de acero	A63-42H
Q _{min} [Ton]	1.993		

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

El resto de información incluida en la base de datos constituye información relevante estructural y geotécnica. Para este edificio, se disponía de la memoria de cálculo estructural. Este documento permitió conocer los lineamientos normativos que controlan la estructura. Uno

¹ Altura del edificio hace referencia a la altura hasta el último piso sin considerar elementos superiores (ver Tabla 8).

de los aspectos importantes es conocer bajo qué normativa fue diseñado. En este caso, y debido a su año de diseño, cuenta con la normativa Chilena más actual y una materialidad de construcción habitual para las construcciones de nuestro país (ver Tabla 18). Para la selección de esta información se consideraron los lineamientos aplicados para efectos de cálculo estructural.

De manera similar ocurre con el procedimiento para la información geotécnica. En este caso, no se contaba con dicho informe, por lo que se tomaron algunos parámetros considerados en el cálculo estructural. La Tabla 19 muestra los datos interpolados para profundidad de roca y períodos de suelo. También hay un detalle de la profundidad de roca equivalente a 103,7 metros y la velocidad de ondas de corte en superficie obtenida mediante interpolación en el centroide del edificio con un valor de 288,9 m/s.

Tabla 19: Información geotécnica de edificio Novotel

Año memoria de cálculo	Tipo de suelo normativo	Nivel de suelo Earth [m]	Profundidad Roca Serafini [m]	V_{s30} [m/s]	Períodos Serafini [s]	T_o Normativo [s]
2017	D	19,5	103,7	288,9	1,05	0,75

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Toda la información completa se encuentra en la base de datos anexa a este documento, junto al archivo SIG que incluye la información de planta en superficie e información geométrica. A pesar de que la base de datos no posee la información completa, es un punto de partida con información actualizada y reunida en un solo documento que combina distintas fuentes de información.

4.7 ANÁLISIS DE DATOS

4.7.1 EVOLUCIÓN DE NORMA CHILENA

Muchos aspectos de la norma Chilena han ido cambiando con el paso de los años. Su revisión es motivo de permanente estudio, y su actualización y calibración se desarrolla respecto a sismos de gran envergadura. Ya en sus inicios, con la normativa NCh433 en la década de los 70's, se vio la necesidad de reglamentar las construcciones de hormigón armado con criterios de códigos internacionales, aunque en ese momento ya existían algunas disposiciones nacionales incluidas en la O.G.U.C.

La entrada en vigencia de la NCh433 Of. 72 adoptó y validó parte de los criterios establecidos anteriormente en la ordenanza vigente, especialmente los métodos de cálculo estático y dinámico. En particular, el método estático quedó constreñido a edificios de 45 metros (o 15 pisos) de altura máxima, mientras que el método dinámico resultó aplicable a toda construcción independientemente de su altura.

El Gráfico 12 muestra con líneas verticales rojas las normativas NCh433 oficializadas y con líneas verticales azules los sismos importantes en la zona de estudio. Previo a la normativa del año 1972, los edificios no superaban los 45 metros (altura hasta el último piso), pero luego de que esta se promulgara, se construyeron edificios medianos sobre 45 metros. Debido al sismo $M_w=8,0$ del 3 de Marzo de 1985 (Wood, Wight, & Moehle, 1987), y las consecuencias ocurridas en la zona de estudio, se incluyeron nuevas consideraciones en la

normativa siguiente. Por esta razón, luego de 1993 se vuelven a construir edificios mayores a 45 metros. Esta actualización de la normativa incluye los aprendizajes del reciente sismo junto a nuevas disposiciones, siendo una de las más relevantes la definición de una zonificación sísmica.

No es hasta el año 2000 en adelante que aumentan las edificaciones sobre los 45 metros de altura. En este período, la normativa chilena nuevamente se modifica en el año 2009 y en el año siguiente ocurre uno de los eventos sísmicos más importantes en la historia del país, el sismo de magnitud $M_w=8,0$ del 27 de Febrero de 2010 (Saragoni, 2011). Este hecho provoca una nueva modificación en la normativa, creándose los Decretos de emergencia N° 117 y 118. Finalmente, se crean los decretos supremos 60 y 61 que están vigentes en la actualidad, donde uno de los cambios más relevantes es la nueva clasificación de suelo, ampliando la clasificación que existía anteriormente. Además, se incluye un requerimiento específico para elementos de borde de muros.

El detalle de la base de datos incluye la normativa utilizada en las memorias de cálculo estructural. Este dato sólo está detallado cuando existía este documento, en caso contrario se puede asumir de acuerdo con el año de permiso de obra nueva.

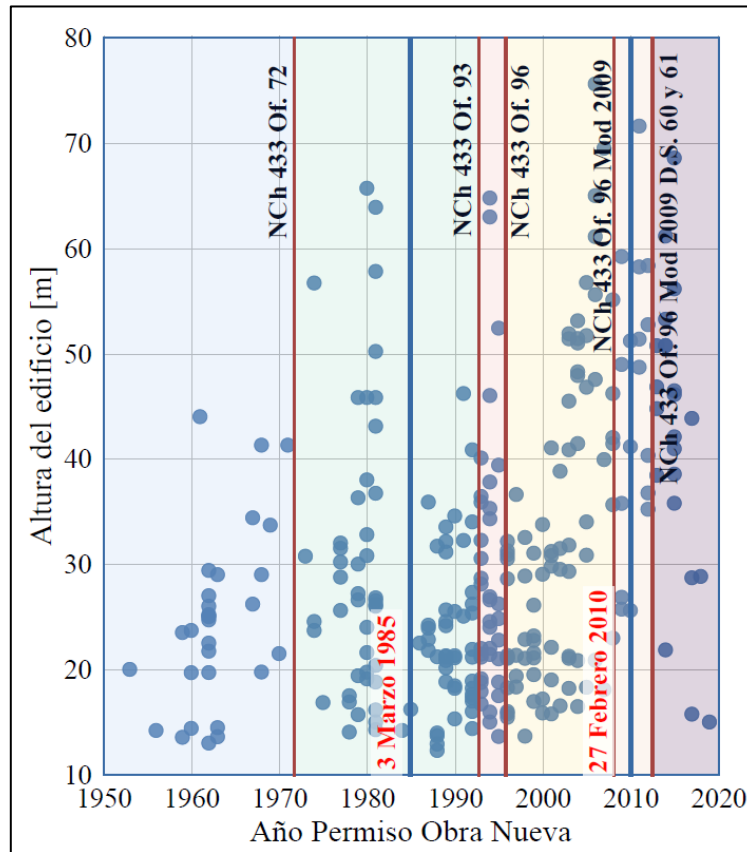


Gráfico 12: Altura de edificios versus año permiso de obra nueva, con año de normativas y terremotos importantes

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

4.7.2 CONDICIONES DEL SUELO

Gran parte del centro de Viña del Mar está construido sobre varios niveles de terrazas con material poco consolidado y bajo los 30 metros de profundidad se aprecia un suelo de tipo blando (Villavicencio & Suazo, 2022). La heterogeneidad de los suelos de Viña del Mar se ve reflejado en el Gráfico 3, exhibiendo una distribución concentrada en el suelo de tipo II y III según la norma NCh 433. Esta clasificación se dispersa si consideramos su ubicación representativa. En la Figura 29 es posible observar la ubicación de la clasificación del tipo de suelo en los centroides de la planta principal del edificio. La diferencia de tipo de suelo más notoria corresponde a los suelos de Tipo I ubicados en una zona alta con alturas sobre los 20 metros, mientras que el resto están ubicados en la zona de la Población Vergara.

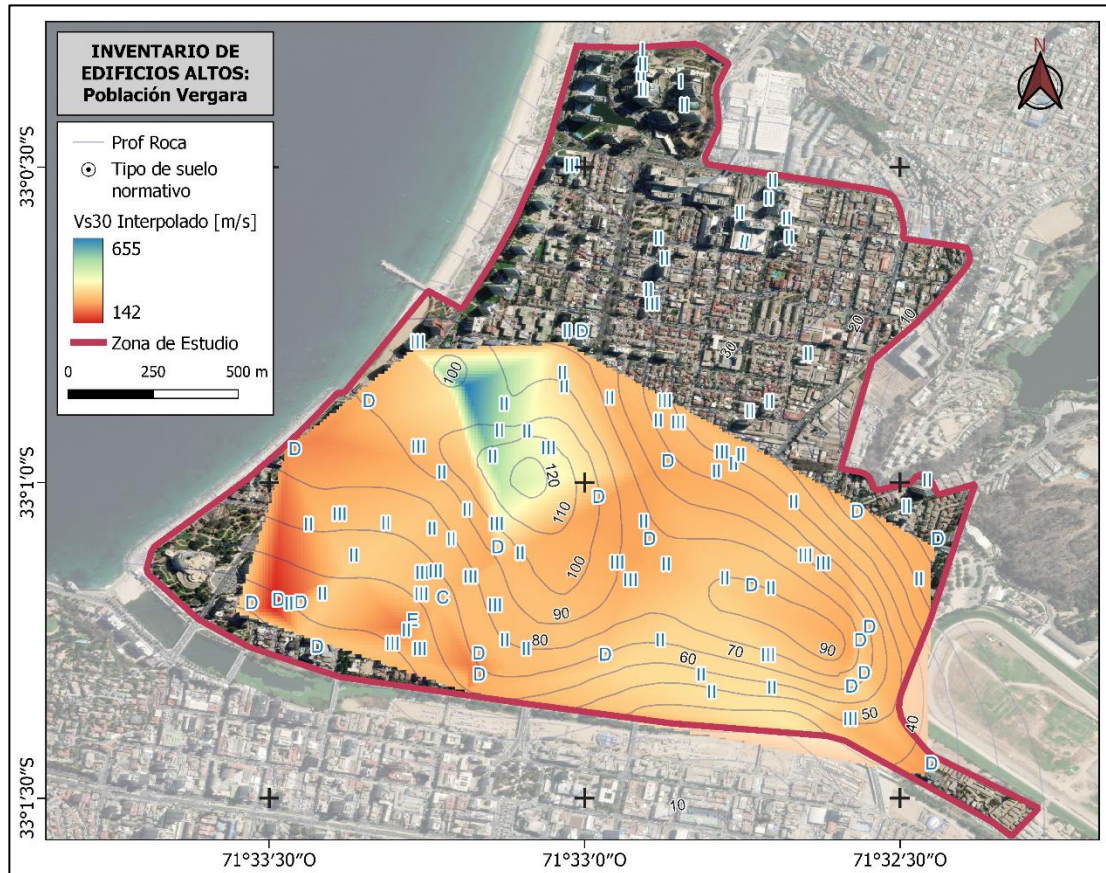


Figura 29: Mapa de interpolación de V_{s30} y tipos de suelos clasificados por normativa NCh433

Fuente: El autor

Elaboración: El autor

Con los registros disponibles se determinó mediante interpolación lineal el V_{s30} de la parte sur de la zona de estudio, ya que esta era la que contenía mayor información. Esta información se obtuvo a partir de dos bases de datos, la primera consistía en la información que contenían las mecánicas de suelos de los edificios y la segunda en los datos entregados por Villavicencio & Suazo (2022). El resultado se presenta en la Figura 29, donde los mayores valores se concentran en las zonas de mayor profundidad de roca correspondiente a uno de los

valles de la cuenca. En cambio, los valores más bajos registrados se encuentran en el sector sur poniente del sector, junto a algunos puntos cercanos al estero Marga-Marga. Cabe destacar que en algunas edificaciones existía redundancia en la información, pero para su análisis se utilizó el valor más desfavorable de V_{s30} .

4.7.3 PLAN REGULADOR COMUNAL

Las ordenanzas locales de zonificación y la planificación urbana han influido en el desarrollo de edificios de gran altura. Muchos de los edificios de esta zona fueron construidos cuando no había una zonificación ni regulación muy definida, otorgando bastante libertad para el desarrollo constructivo mientras que, con la aparición de la primera regulación en 1980 y con las últimas actualizaciones de este documento, cada vez hay más restricciones debido a las condiciones urbanas actuales de esta zona. Muchas de ellas se deben al proceso de densificación y aumento poblacional de la ciudad vulnerando fuertemente la capacidad de carga del sector.

En términos generales, el proceso de transformación de esta zona se caracteriza por la densificación habitacional y la incorporación de equipamientos y servicios. Por lo anterior, se verifica un cambio de formato y de las escalas de las edificaciones que buscan alcanzar el máximo aprovechamiento de las normas urbanísticas actuales, con un evidente aumento en las alturas de edificación. La distribución de edificios en la zona de estudio está marcada por la tendencia de edificios sobre 20 pisos en los límites del sector. Estos edificios están en su mayoría en el borde costero y cerca del estero Marga-Marga. En cambio, la zona más representativa por sus edificaciones y espacio público está poblada de edificios de hasta 20 pisos concentrándose la gran mayoría hacia el sector sur poniente de la Población Vergara, mientras que los sectores con menor cantidad de edificios se ubican hacia el nororiente, correspondiente a sectores más comerciales y de servicios.

De acuerdo con la caracterización de edificios, se corroboran algunas consideraciones del P.R.C. actual:

- Se confirman las distintas tipologías de edificación de la Población Vergara.
- Se confirman los distintos tipos de ocupación y servicios entregados.

Actualmente, este sector se desarrolla a un ritmo demográfico creciente, lo cual es indicativo de la velocidad de reemplazo de las tipologías de edificación. Esta situación se ve reflejada por el proceso de densificación habitacional de las manzanas del sector en relación con el crecimiento poblacional de la comuna. Viña del Mar es una ciudad muy poblada y con menos disponibilidad predial. Además, el ritmo constructivo ha disminuido considerablemente y las nuevas construcciones corresponden a edificios de mayor altura. Al mismo tiempo, se está generando un deterioro acelerado del patrimonio edificado y de las características identitarias del sector. Esto se produce efectos ambientales diversos, en especial los provocados por la deformación de la configuración inicial de loteo en su fundación, que en consecuencia ha perjudicado el paisaje característico de la ciudad.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES

Para comprender el impacto que genera el desempeño de los edificios altos de la ciudad ante un evento sísmico de gran magnitud, es necesario analizar este fenómeno bajo distintas miradas. Los efectos y consecuencias de los sismos son un problema que no hemos podido resolver, por lo que es indispensable prever los potenciales daños en áreas urbanas, sus efectos en la infraestructura y la vida humana. Los edificios altos son motivo de especial preocupación debido a su tamaño y la gran cantidad de ocupantes que residen en ellos, donde los daños causados por un sismo pueden tener efectos desproporcionados en sus usuarios, vecinos y la comunidad en general.

Esta tesis tuvo por objetivo generar una base de datos a partir de la información existente en los registros de la Municipalidad y estudios anteriores con información geográfica, geométrica, estructural y geotécnica de los edificios sobre cuatro pisos en la ciudad de Viña del Mar en el sector Población Vergara.

Para ello se revisaron diversas fuentes de información con datos acerca de los edificios de Viña del Mar donde la principal fuente fue la D.O.M., donde se recopiló la información contenida en los documentos de cada edificio ubicado en la zona de estudio, extrayendo los datos más relevantes bajo el carácter arquitectónico, geotécnico y estructural de cada edificación. Además, se utilizó información adicional acerca del suelo de Viña del Mar y estudios anteriores realizados por estudiantes de pregrado de la U.T.F.S.M. Esto posibilitó confeccionar un reporte y una base de datos de 326 edificios en la Población Vergara junto a un archivo tipo SIG que contiene la información geográfica de las edificaciones.

Esta información permitió conocer en mayor magnitud la composición de estructuras de alturas medianas y altas. A partir de los resultados, se concluye lo siguiente:

- Se proporciona una base de datos actualizada con información detallada y georreferenciada para una gran parte de la zona estudiada, unificando distintas fuentes de información de acuerdo con la información disponible en los registros de la municipalidad.
- Se presenta una metodología replicable para cualquier sector del país que cuente con acceso a información local de los proyectos de edificación.
- Se corroboran algunas consideraciones y disposiciones establecidos en P.R.C., confirmando los periodos constructivos y cambios en las tipologías de edificación junto a tipo de ocupación de los edificios sobre cuatro pisos.
- Se identifican cambios en tipo de construcción relacionadas a su altura debido a modificaciones normativas de la NCh433 en diseño en altura y clasificación de condiciones de suelo.
- Se caracteriza la tipología de fundación, donde la mayoría de las construcciones fluctúa entre fundación tipo zapatas y tipo losa, este último siendo el más habitual.
- Se obtiene información geotécnica a partir de estudios previos. Gran parte de la zona estudiada posee información relativa de V_{s30} , período fundamental del suelo y profundidad de roca, además de los datos obtenidos de memorias de suelos.

Esta zona está construida sobre un suelo muy particular del cuál no se tiene demasiada información a profundidades mayores de 30 metros. Contar con esto ayudaría a implementar modelos que permitan evaluar efectos de amplificación en determinados lugares de la zona de estudio, además de una mejor caracterización del tipo de suelo que actualmente cuenta con distintas interpretaciones en la cuenca del Marga-Marga. Además, los edificios emplazados en esta zona presentan una distribución muy variada respecto a su altura que no superan los 81 metros, lo que confirma la tipología constructiva de los últimos años identificada en el P.R.C. Actualmente, esta regulación local define de manera muy clara los lineamientos de la ciudad en términos urbanísticos, pero debe precisar con mayor profundidad el contenido de los estudios de riesgos.

Las limitaciones principales en la confección de este trabajo son principalmente el acceso y la disponibilidad de la información. En las primeras etapas, se disponía de información muy desactualizada y poco consistente respecto a la cantidad de edificaciones actuales en la zona. En algunos casos, la base de datos no cuenta con información completa. Esto se debió a que una parte de la información de la ciudad se perdió con los eventos de inundación de los años 1984 y 1987. También se debe al método de almacenamiento de los archivos de la D.O.M. Al ser un espacio físico, no siempre se contaba con la documentación reunida en su lugar y ubicación, lo que dificultó la obtención de los datos de interés. Por otra parte, la información solo está destinada a edificios sobre los cuatro pisos, los cuáles no corresponden a la mayor cantidad de edificaciones de la zona, ya que predominan las construcciones de 1 y 2 pisos de altura. Por lo tanto, sería de interés adicionar esta información a la base de datos, ya que este tipo de construcciones en su mayoría corresponden a edificaciones antiguas.

Pese a estas limitaciones, el presente estudio aporta una base de datos actualizada y dispone de amplia información acerca de las edificaciones, la cual quedará disponible públicamente para futuras investigaciones. Este trabajo proporciona antecedentes significativos e información relevante para el área de estudio, donde uno de los efectos naturales más importante es el potencial sísmico que podría liberar un gran terremoto en el futuro.

Finalmente, se recomienda que los registros de la D.O.M. contengan un proceso de georreferenciación de la información recibida como parte integral de los expedientes de los Permisos de Obra. Esto ayudaría a mantener una base de datos completa y actualizada, el cual es un recurso importante para comprender y cuantificar la vulnerabilidad de la ciudad ante terremotos, incendios y otros peligros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. (2012). *Estudio experimental del comportamiento dinámico de un edificio de Viña del Mar dañado durante el terremoto de Febrero de 2010*. Chile: Santiago.
- Aguirre, C. (2013). *Estudio microzonificación sísmica en sectores urbanos de las comunas de Valparaíso y Viña del Mar, Seremi Región de Valparaíso*. Chile: Valparaíso.
- Aguirre, C., Petersen, M., & Perez, L. (1986). *Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Viña del Mar*. Chile: Viña del Mar: Jornadas Chilenas de Sísmología e Ingeniería Antisísmica.
- Almazán, J. L. (2010). Comportamiento de estructuras antisísmicas durante el terremoto del Maule y su posible efecto en las normas de diseño sísmico en Chile. *Revista Sul-Americana de Engenharia Estrutural, Passo fundo* v. 7, n. 2/3.
- Álvarez, L. (1964). Geología del área Valparaíso-Viña del Mar. *Instituto de Investigaciones Geológicas N° 16*, 1-58.
- Applied Technology Council. (2018). *San Francisco Tall Buildings Study*. EE.UU.: San Francisco.
- Araujo, M., & Suárez, G. (1994). Geometry and state of stress of the subducted Nazca plate beneath central Chile and Argentina: evidence from teleseismic data. *Geophysical Journal International* Vol. 116, Issue 2, 283-303.
- Armijo, C. B. (2009). *El Recreo, origen y Desarrollo*. Chile: Viña del Mar.
- Astroza, M. (2007). *Reinterpretación de las intensidades del terremoto de 1906*. Chile: Valparaíso.
- Astroza, M., & Monge, J. (1989). *Aumento de intensidades según las características geológicas de los suelos de fundación, sismo del 3 de marzo de 1985*. Chile: Santiago: AUCH 5ta Serie N° 21.
- Baquadano, F., Leyton, F., & Sepúlveda, S. (2021). *Frecuencia predominante de los suelos de Valparaíso - Viña del Mar y propuesta de micorzonificación preliminar*. Chile.
- Barrientos, M. (2016). *Terremotos, arquitectura y la Norma Chilena NCh433. Of.72. Cálculo Antisísmico de Edificios (1959-1972)*.
- Booth, R. (2003). *Viña y el mar. Ocio y arquitectura en la conformación de la imagen urbana viñamarina*. Chile: Viña del Mar.
- Bustos, I. (2017). *Aportes para una nueva zonificación geotécnica de Viña del Mar: Estimación del potencial de licuefacción en la cuenca del Marga-Marga (Tesis de Pregrado)*. Chile: Valparaíso.
- Carpenter, L. D., Naeim, F., Lew, M., Youssef, N. F., Rojas, F., Saragoni, G. R., & Adaros, M. S. (2011). Performance of tall buildings in Viña del Mar in the 27 February 2010 offshore Maule, Chile earthquake. In *Structural Design Tall Special Buildings* Vol. 20 (pp. 17-36).

- Carrasco, O., & Nuñez, C. (2013). *Microzonificación sísmica en sectores urbanos de las comunas de Valparaíso y Viña del Mar (Tesis de pregrado)*. Chile: Valparaíso.
- Centro Simológico Nacional. (2020). *Tipos de sismos en Chile*.
- De Araujo, Y. (2017). *Bordes de interacción espacial público-privado, la imagen urbana de la Población Vergara (Tesis de Magister)*. Chile: Viña del Mar.
- Gana, P., Wall, R., & Gutierrez, A. (1996). *Mapa Geológico del Área Valparaíso-Curacaví. Regiones de Valparaíso y Metropolitana. Mapa Geológico Sernageomin N° 1*.
- Grimme, K., & Álvarez, L. (1964). *El suelo de fundación de Valparaíso y Viña del Mar*. Chile: Valparaíso: Boletín N°16, Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Instituto Nacional de Estadísticas. (2017). *Censos de Población y Vivienda*.
- Jin, X., & Han, J. (2010). K-means Clustering. En C. Sammut, & G. I. Webb, *Encyclopedia of Machine Learning* (págs. 563-564). Springer.
- Kausel, E. (1986). Proceso Sísmico, parámetros focales y réplicas del sismo del 3 de Marzo, 1985. En *El sismo del 3 de Marzo 1985 - Chile* (págs. 31-42). Chile: Santiago.
- Miranda, M. (26 de Diciembre de 2016). Iquique tiene el edificio más alto del país fuera de la Región Metropolitana. *La Tercera*.
- Montaner, L. (2007). *Los verdaderos orígenes de Viña del Mar y un símbolo de este proceso: La refinería de azúcar de Viña del Mar (CRAV)*. Chile: Viña del Mar.
- Muñoz, E. (2013). *Susceptibilidad de Remociones en Masa y de Respuesta Sísmica (Tesis de Magister)*. Chile: Santiago.
- Muñoz, E., Sepúlveda, S., & Rebolledo, S. (2012). *Nuevos antecedentes sobre la falla Marga-Marga y sus implicancias en el peligro sísmico*.
- Nishenko, S. (1985). Seismic Potential for Large and Great Interplate Earthquake. *Journal of Geophysical Research*, Vo. 90, N°B5, pp. 3589-3615.
- Pérez, C. (1988). *Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Viña del Mar (Tesis de Pregrado)*. Chile: Valparaíso.
- Pérez, M. E. (27 de Febrero de 2012). Comienza demolición de edificios con daños en Viña del Mar. *La Tercera*.
- Philippi, N., & Garrido, L. (2016). *Recopilación de estudios en relación a la falla Marga-Marga y su implicancia en el peligro sísmico del plan de Viña del Mar*. Chile: Viña del Mar.
- Quezada, P., Henríquez, A., & González, M. (2006). Viña del Mar: Historia social de la vivienda urbana, entre 1870 y 1930. *Archivum Año VI Número 7*, 71-91.
- Ridell, R., Wood, S., & De La Llera, J. C. (1987). *The 1985 Chile earthquake structural characteristics and damage statistics for the building inventory in Viña del Mar*. Urbana, Illinois.

- Saragoni, R. (2011). El mega terremoto del Maule de 2010: Una lección de buena ingeniería, pero con sorpresas y nuevos desafíos. En U. d. Chile, *Revista Anales Vol 1, N°7* (págs. 35-56). Chile: Santiago.
- Sarrazin, M. (1986). Regulaciones sismorresistentes. En *El sismo del 3 de Marzo 1985 - Chile* (págs. 83-92). Chile: Santiago.
- Serafini, F. (2017). *Aportes para una nueva zonificación geotécnica de Viña del Mar: Estimación de la profundidad del basamento rocoso en la cuenca del Marga Marga a partir de mediciones espectrales H/V (Tesis de Pregrado)*. Chile: Valparaíso.
- Soto, M. (2015). *Presentación: Diseño y Construcción, Evolución normativa en Chile*.
- Thorson, R. (1999). *La falla "Marga-Marga" Viña del Mar - Chile*. Chile: Valparaíso.
- Toledo, G. (2017). *Aportes para una nueva zonificación geotécnica de Viña del Mar: Estimación de la amplificación sísmica en la cuenca del Marga-Marga (Tesis de Pregrado)*. Chile: Valparaíso.
- Valencia, M. (25 de Octubre de 2014). Más de 30 mil edificios se han levantado en el país: 60% está en la Región Metropolitana. *El Mercurio*.
- Vargas, G. (2016). *Modificación al Plan Regulador Comunal de Viña del Mar "Sector Población Vergara"*. Chile: Viña del Mar.
- Verdugo, A. (1995). *Estudio Geofísico de los Suelos de Fundación para una Zonificación Sísmica de Valparaíso y Viña del Mar (Tesis de Pregrado)*. Chile: Santiago.
- Villavicencio, G., & Suazo, G. (2022). Geotechnical characterization of Viña del Mar for areas where buildings were affected by mega-earthquakes in Central Chile. *Earthquake Spectra*, 1-27.
- Wood, S. L., Wight, J. K., & Moehle, J. P. (1987). *The 1985 Chile earthquake observations on earthquake-resistant construction in Viña del Mar*. Urbana, Illinois.

ANEXOS

A continuación, se presentan los mapas incluidos en el informe junto con el detalle de título y ubicación en el documento.

1. Mapa de delimitación de zona de estudio, Plan de Viña del Mar (pág. 83), Capítulo 3, Figura 16, pág. 45
2. Mapa de interpolación TIN para profundidad de roca, Plan de Viña del Mar (pág 84), Capítulo 3, Figura 18, pág. 49
3. Mapa de interpolación TIN para períodos de suelo, plan de Viña del Mar (pág 85), Capítulo 3, Figura 19, pág. 50
4. Mapa de ubicación de ensayos V_{s30} y numeración de manzanas, Plan de Viña del Mar (pág. 86), Capítulo 3, figura 20, pág. 51
5. Mapa de distribución espacial de número de pisos sobre el nivel del suelo, Plan de Viña del Mar (pág. 87), Capítulo 4, Figura 22, pág. 56
6. Mapa de interpolación de V_{s30} y tipos de suelos clasificados por normativa NCh433, Plan de Viña del Mar (pág. 88), Capítulo 4, Figura 22, pág. 75



INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

Leyenda

— Zona de Estudio
Google Satellite

0 200 400 600 800 m



MAPA DE DELIMITACIÓN DE ZONA DE ESTUDIO PLAN DE VIÑA DEL MAR

PLANO DE UBICACIÓN



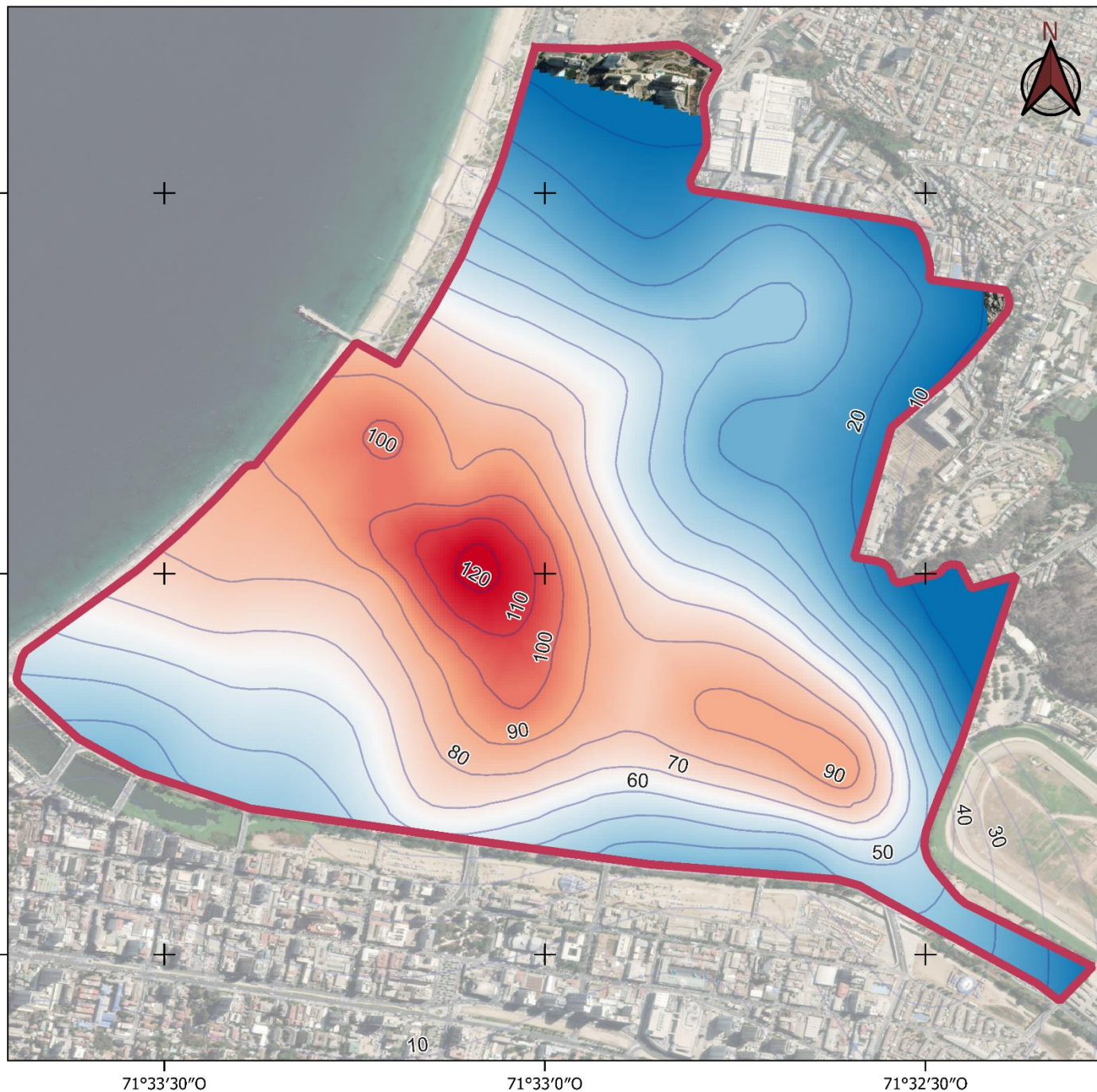
Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).
-Datum WGS 1984.

DICIEMBRE 2022

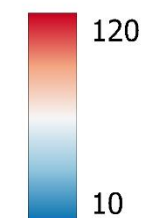


INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

Leyenda

— Zona de Estudio

Profundidad de Roca [m]



0 200 400 600 800 m



MAPA DE INTERPOLACIÓN TIN PARA PROFUNDIDAD
DE ROCA, PLAN DE VIÑA DEL MAR

PLANO DE
UBICACIÓN



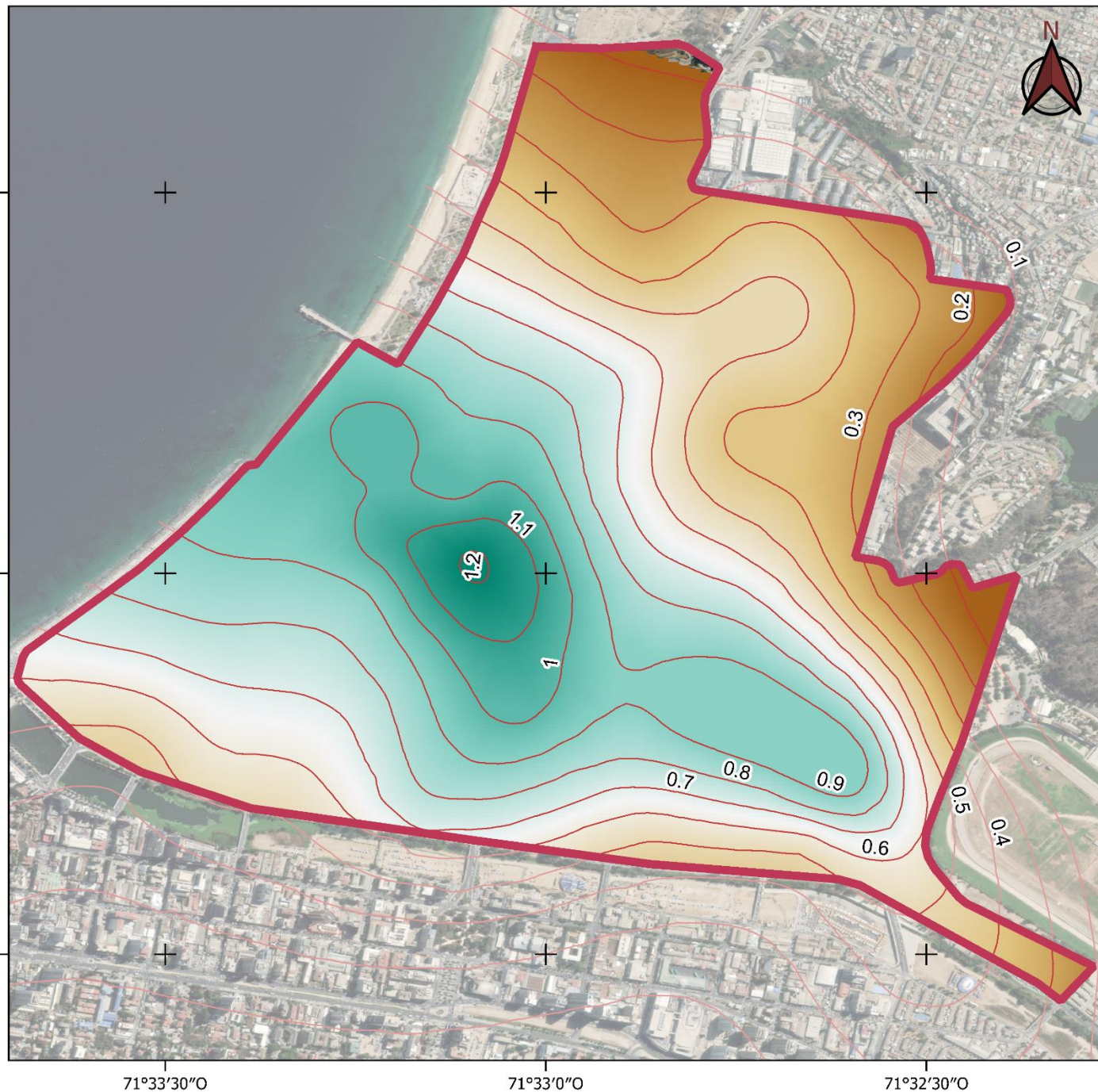
Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE
GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de
Mercator (UTM)
-Datum WGS 1984.

DICIEMBRE 2022

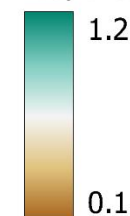


INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

Leyenda

— Zona de Estudio

Isoperiodo [s]



MAPA DE INTERPOLACIÓN TIN PARA PERÍODOS DE
SUELO, PLAN DE VIÑA DEL MAR

PLANO DE
UBICACIÓN



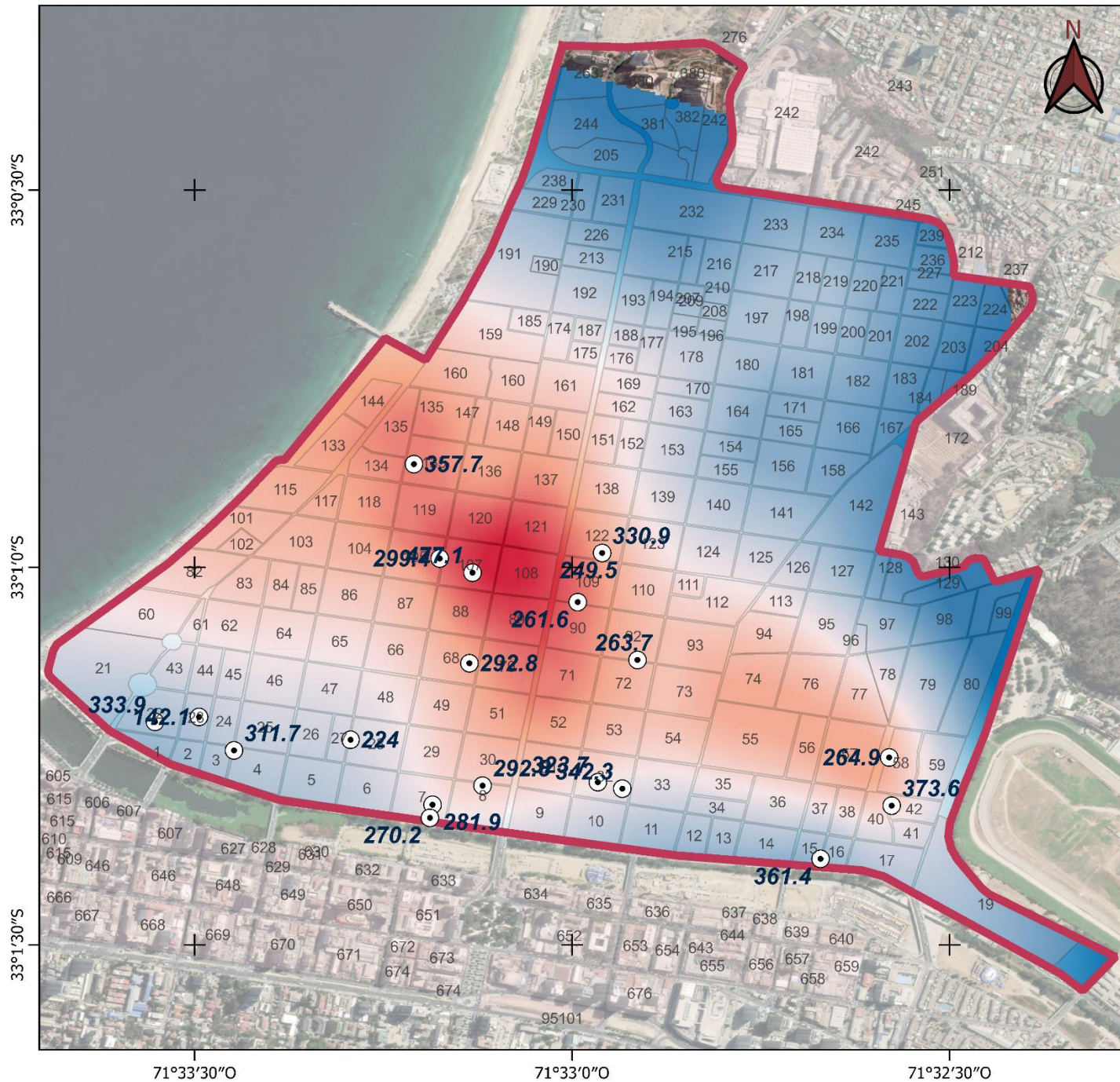
Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE
GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del
Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de
Mercator (UTM).
-Datum WGS 1984.

DICIEMBRE 2022



INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

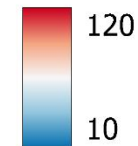
Leyenda

— Zona de Estudio

○ Vs30 LEMCO [m/s]

Rol (manzana)

Profundidad de Roca [m]



0 200 400 600 800 m



MAPA DE UBICACIÓN DE ENSAYOS VS30 Y NUMERACIÓN DE MANZANAS, PLAN DE VIÑA DEL MAR

PLANO DE UBICACIÓN



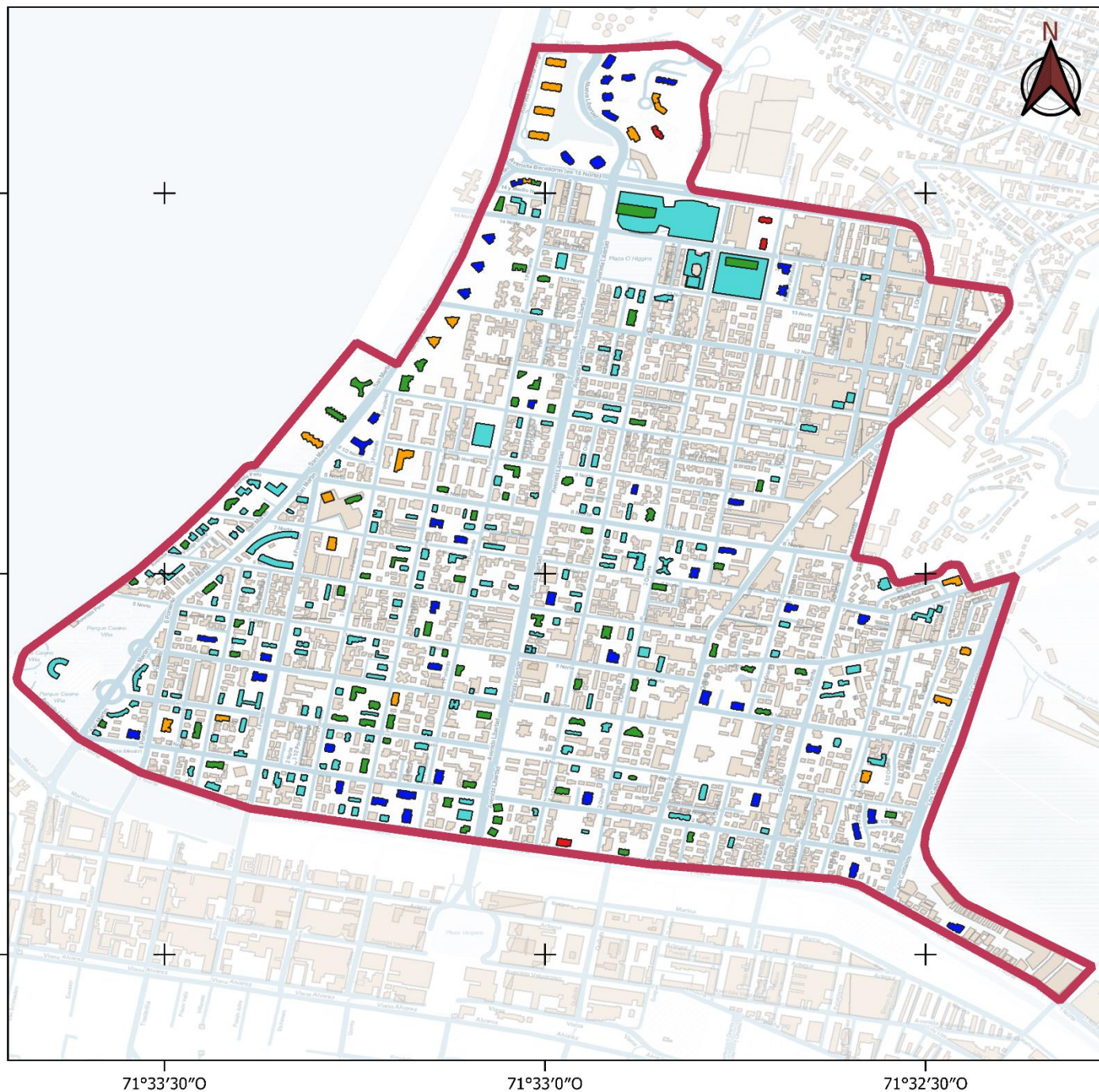
Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de Mercator (UTM).
-Datum WGS 1984.

DICIEMBRE 2022



INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

Leyenda

Número de Pisos

25 - 30

20 - 25

15 - 20

10 - 15

5 - 10

<5

Zona de Estudio

0 200 400 600 800 m



MAPA DE DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NÚMERO DE
PISOS SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, PLAN DE VIÑA DEL
MAR

PLANO DE
UBICACIÓN



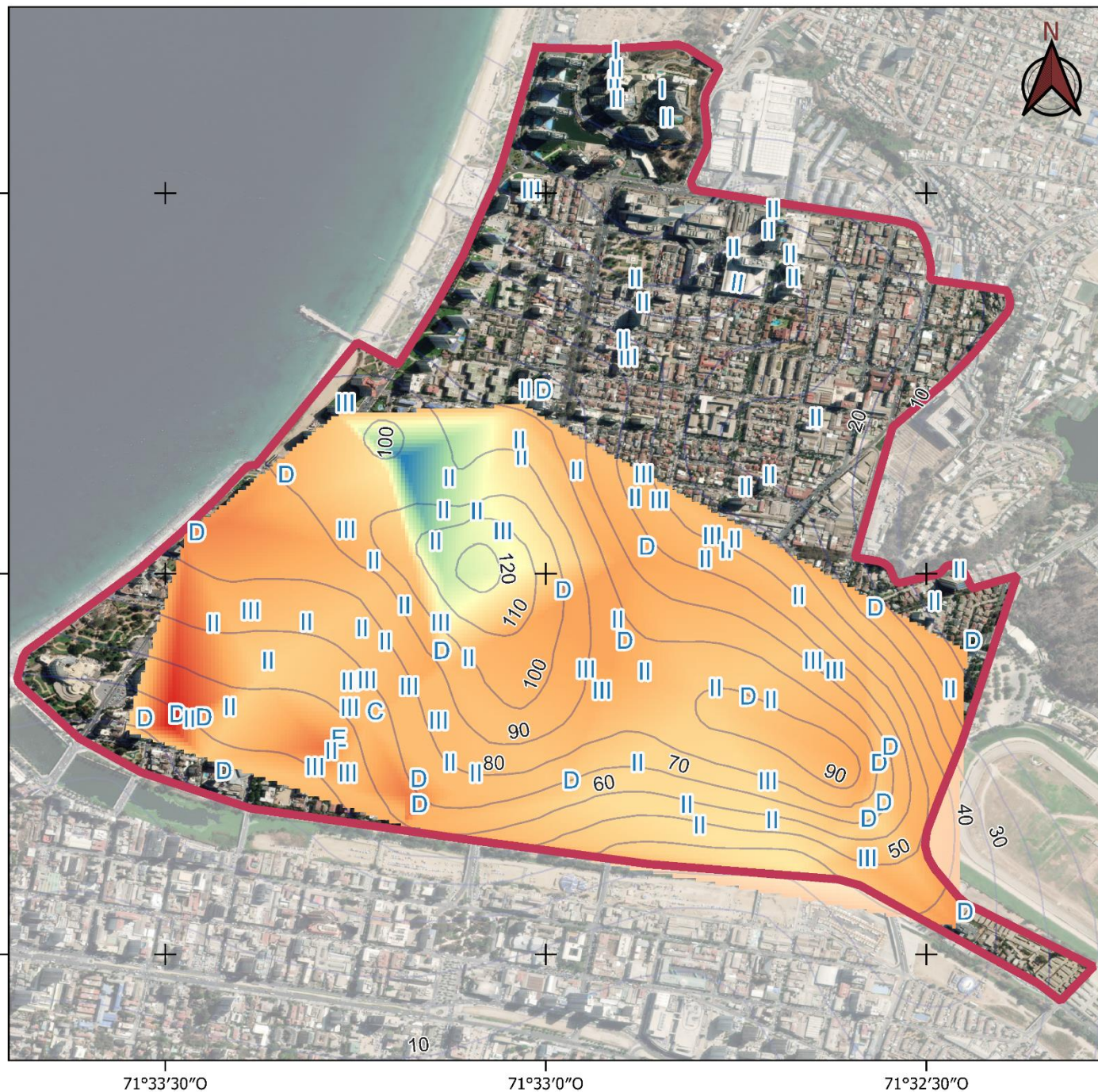
Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE
GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del
Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de
Mercator (UTM).
-Datum WGS 1984.

DICIEMBRE 2022



INVENTARIO DE EDIFICIOS SOBRE CUATRO PISOS: PLAN DE VIÑA DEL MAR

Leyenda

— Prof. Roca [m]

⊙ Tipo de suelo normativo

Vs30 Interpolado [m/s]

655

142

— Zona de Estudio

0 200 400 600 800 m



MAPA DE INTERPOLACIÓN DE VS30 Y TIPOS DE
SUELOS CLASIFICADOS POR NORMATIVA NCH433,
PLAN DE VIÑA DEL MAR

PLANO DE
UBICACIÓN



Comunas de Valparaíso
y Viña del Mar

FUENTE Y DATOS DE
GEOREFERENCIACIÓN

ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A:
-Plan Regulador Comuna de Viña del
Mar.

DATOS GEODÉSICOS
-Proyección Universal Transversal de
Mercator (UTM)
-Datum WGS 1984

DICIEMBRE 2022