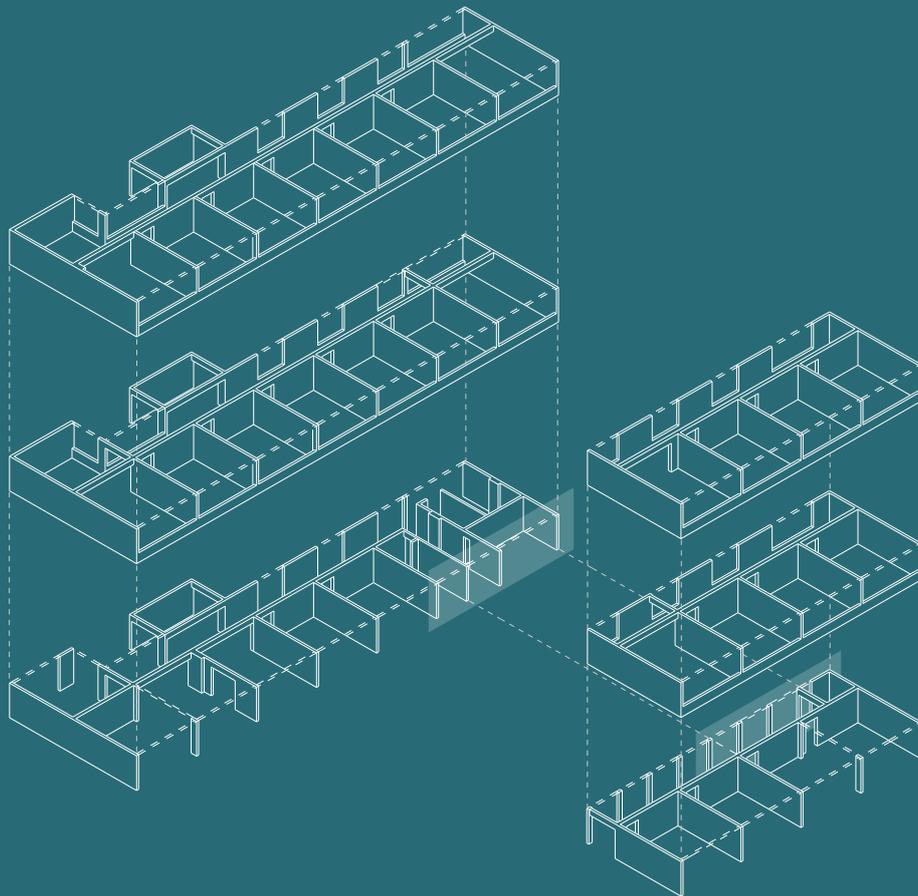


# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA ARQUITECTURA EDUCACIONAL MODERNA

APLICACIÓN DEL MÉTODO FEMA A ESTABLECIMIENTOS  
DESARROLLADOS POR LA SCEE ENTRE 1937 - 1965

TESIS DE TÍTULO 2018 - 2019  
PATRICIA GUTIÉRREZ GONZALEZ

PROFESORA GUÍA / DRA. CLAUDIA TORRES



**Fondecyt**  
Fondo Nacional de Desarrollo  
Científico y Tecnológico  
N° 11160322



DEPARTAMENTO  
DE ARQUITECTURA



*A quien quiera trabajar por sus sueños hasta cumplirlos  
A mi familia, amikas y amigos por su apoyo y ánimo para cumplir los míos.*

---

El presente trabajo de investigación no hubiese podido llevarse a cabo sin el apoyo de mis seres queridos ni el aprendizaje tanto académico como humano que las personas que son parte de la facultad han cultivado en mí.

Agradezco profundamente la dedicación, apoyo, la orientación constante y la oportunidad de ser parte de su investigación Fondecyt a mi profesora guía Claudia Torres.

Agradezco y recuerdo con afecto a todas, todos y cada uno de las y los docentes que han sido y siguen siendo una inspiración para avanzar en mi desarrollo profesional



# ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA **ARQUITECTURA** **EDUCACIONAL MODERNA**

Aplicación de método FEMA en establecimientos  
desarrollados por la SCEE entre 1937-1965

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE ARQUITECTA**

PROCESO AÑO 2018  
UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA



DEPARTAMENTO  
DE ARQUITECTURA



**Fondecyt**  
Fondo Nacional de Desarrollo  
Científico y Tecnológico



# ÍNDICE

## 00. CAPÍTULO I PRESENTACIÓN

- 7 : Resumen
- 8 : Motivaciones

## 01. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

- 14 : Problemática
- 18 : Pregunta de Investigación
- 18 : Hipótesis
- 18 : Objetivos
  - Principales
  - Secundarios
- 20 : Metodología de Investigación
  - Antecedentes generales
  - Etapas de desarrollo

## 02. CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

- 26 : **Movimiento Moderno**
  - Arquitectura del Movimiento Moderno
  - Arquitectura del Movimiento Moderno en Chile
  - Conservación de la arquitectura del Movimiento Moderno
- 38 : **Educación y arquitectura en Chile**
  - Sociedad constructora de Establecimientos Educativos
- 46 : **Sismicidad**
  - Desarrollo de la Normativa Chilena
  - La actividad sísmica como amenaza de la arquitectura nacional
- 56 : **Vulnerabilidad sísmica y métodos de evaluación**
  - Vulnerabilidad sísmica en la arquitectura moderna
  - Gestión, mitigación y reducción del riesgo sísmico
  - Referencia de métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica
    - Métodos italianos
    - Método japonés Hirosawa
    - Método del Federal Emergency Management Agency
    - Método argentino de Pizarro
- 65 : **Selección del método**

## 03. CAPÍTULO I APLICACIÓN DEL MÉTODO

- 68 : **Preparación de instrumentos**
  - Operatividad del FEMA P-154
  - Adaptación del formulario FEMA P-154
- 76 : **Presentación de casos**
  - justificación de selección
- 80 : **Aplicación de la evaluación en casos**
  - SAN ANTONIO
    - Grupo escolar en Barrancas(1947)
    - Escuela España (1951)
    - Liceo Dante Parraguez (1961)
  - CONCEPCIÓN
    - Liceo Experimental, ex República del Brasil (1940 aprox.)
    - Colegio Marina de Chile (1956)
    - Colegio Gran Bretaña (1963)
  - Priorización en base a la vulnerabilidad.
- 174 : **Análisis de resultados**
  - tabla comparativa morfológica.
  - tabla comparativa de irregularidades.
  - Tabla síntesis de juntas sísmicas.
- 182 : **Conclusiones**

## 04. CAPÍTULO I BIBLIOGRAFÍA

- 186 : Información de referentes

## 05. CAPÍTULO I ANEXOS

- 194 : A\_ Resumen de Normas Chilenas
- 198 : B\_ Influencia de la O.G.U.C. en el diseño de establecimientos educativos
- 200 : C\_ Obras del siglo XX protegidas por el CMN
- 203 : D\_ Formularios originales FEMA-154 de referencia y FEMA P-154 a adaptar.
- 212 : E\_ Preselección de casos
- 214 : F\_ Formularios de control
- 218 : G\_ Detalles de mapas desarrollados por el SERNAGEOMIN



# 00. PRESENTACIÓN

Resumen

Motivaciones



**Imagen 1:** Vista exterior del Liceo Juan Dante Parraguez  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

## 00.1 RESUMEN

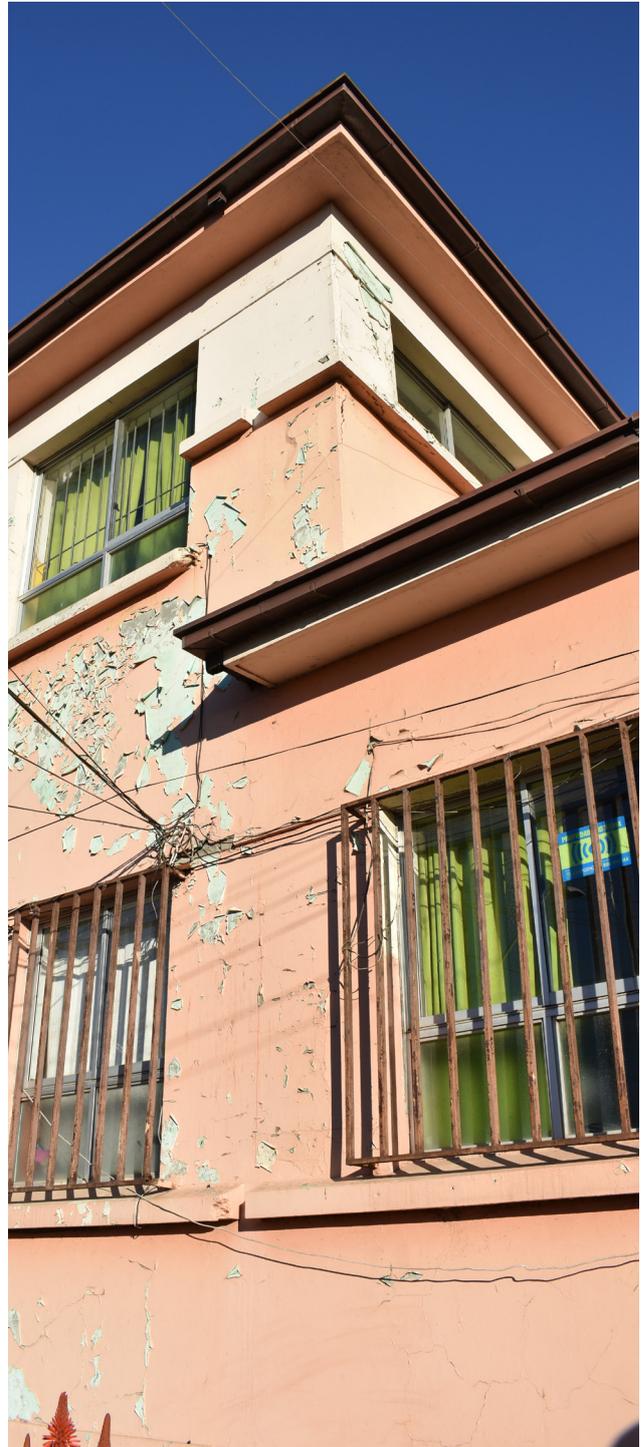
La presente investigación busca evidenciar la vulnerabilidad sísmica que puede presentar la arquitectura moderna, particularmente de tipo educacional pública en una zona de alta sismicidad como lo es nuestro territorio nacional, específicamente referido a los casos de edificaciones ubicadas en las ciudades de San Antonio y Concepción, como ejemplos de arquitectura moderna y diseñadas por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos (SCEE) entre los años 1937 y 1965.

Esto se fundamenta por los daños que se han observado a lo largo de los años en distintas edificaciones que, a pesar de ser construidas bajo la última tecnología y normativa de su época, no han soportado de la mejor manera los movimientos telúricos que amenazan constantemente al territorio nacional.

La importancia de estudiar la arquitectura escolar moderna no sólo responde a gestionar y documentar lecciones aprendidas –como comúnmente se hace en la arquitectura en general-, sino en cómo aplicar las tecnologías y la experiencia actual en la evaluación predictiva de dichas edificaciones, aportando en una futura restauración, evitando demoler testigos del desarrollo de la arquitectura nacional como lo son los establecimientos desarrollados por la SCEE.

En base al estudio de **factores de configuración formal, constructiva y estructural** es posible determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones con un enfoque preventivo que posibilitaría el diseño de propuestas para dar soluciones tanto constructivas como normativas, que permitan ampliar la vida útil de los establecimientos escolares, mejorar las condiciones de seguridad de los niños y preservar parte de la arquitectura moderna chilena.

La Vulnerabilidad *“debe ser valorada por el ingeniero o arquitecto a quien le interesa el efecto combinado de la ocurrencia de diferentes sucesos sísmicos y las diferentes respuestas de una estructura particular”* (Muñoz, 1989, p.199).



**Imagen 2:** Vista exterior de la Escuela España  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

## 00.2 MOTIVACIONES

### Motivación profesional

A lo largo del desarrollo de mi carrera en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, me he interesado en el área constructiva y estructural, llegando a ser monitora en el curso dictado por la profesora Gabriela Muñoz “La estructura como sistema aplicado al edificio”, posteriormente orientada a las patologías presentadas por las diferentes construcciones. Tuve la oportunidad de cursar un semestre en el Politécnico de Turín, Italia, inscribiendo el “Atelier di Architettura per il Restauro e la Valorizzazione del Patrimonio” donde junto a mi grupo de trabajo realizamos como ejercicio académico la rehabilitación de un ex matadero de albañilería en una pequeña ciudad llamada Chieri, donde se precisaba de espacios de esparcimiento social e intercambio económico, desarrollando así un mercado. Bajo el mismo concepto de proyectar una futura restauración, cursé “Análisis patológico del edificio” dictada por los profesores L. Golsack, G. Muñoz y V. Veas; teniendo como caso de estudio la Iglesia San Pedro del Buen Pastor, evidenciando su estado actual en cuanto a patologías y poniendo en valor el inmueble a través del desarrollo de un documento entregado al Consejo de Monumentos Nacionales.

El desarrollo de mi seminario de investigación, guiada por el profesor Francis Pfenniger, titulado “Vivienda vernácula chilota: conjunto rural autosustentable en Lemuy” fue una continuación y profundización del trabajo de análisis desarrollado en el Programa Chiloé, dictado por L. Golsack, P. Basaez, C. Mawromatis. Avanzando en la tarea de poner en valor las construcciones representativas de aquella zona de nuestro país. Finalmente, en el mismo año 2017 llevé a cabo mi práctica profesional, guiada por el profesor E. López, y en busca de completar una educación integral propia de un estudiante de la Universidad de

Chile, llegué a la consultora Urbanismo y Territorio Ltda., donde desarrollé gran parte de un estudio de preinversión en la ciudad de Osorno y participé del diseño de un tramo del proyecto “CREO Antofagasta”.

Por último, pero no menos importante, la etapa cúlmine de mi desarrollo tanto personal como académico en la carrera de arquitectura, guiada por la profesora Claudia Torres, se presenta como una oportunidad para aplicar todo lo aprendido en los años anteriores, participando formalmente en una investigación FONDECYT Iniciación nº 11160322 titulada “Evaluación de procesos patológicos en la arquitectura escolar moderna en Chile: comportamiento de sistemas constructivos tradicionales y experimentales diseñados por la SCEE, 1937-1985”, que me permitirá además seguir aprendiendo e interiorizarme en un tema de interés tanto regional como nacional, donde el ejercicio de la profesión influye de gran manera en las futuras generaciones: El análisis de los establecimientos educacionales.

A lo largo de mi etapa educativa, mis intereses siempre han estado orientados al desarrollo estructural y constructivo de los edificios; sumado a mi, siempre presente, objetivo de ejercer la docencia. Esta investigación mezcla mis intereses, aprendizajes y metas aportando en el desarrollo de la profesión en el contexto nacional.



# 01. INTRODUCCIÓN

Problemática

Pregunta de Investigación

Hipótesis- Objetivos

Metodología de Investigación



**Imagen 3:** Vista interior desde el patio del Colegio Marina de Chile  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

# 1.1 INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el territorio que habitamos, podemos entender que estamos expuestos a determinadas amenazas y riesgos naturales, sobre todo a nivel sísmológico, lo cual convierte a Chile en una especie de laboratorio en lo referido a la respuesta sísmica de los edificios. Esta constante sucesión de sismos en Chile ha repercutido en diferentes grados en el riesgo estructural de la arquitectura nacional, por lo cual se hace necesario mantener una investigación continua respecto al catastro de inmuebles, a las tecnologías constructivas y a las normativas aplicadas al tema.

En particular, la presente investigación se enfoca en la vulnerabilidad sísmica que se entiende como *“la predisposición intrínseca de una estructura, grupo de estructuras o de una zona urbana completa de sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico de una severidad determinada. La vulnerabilidad está directamente relacionada con las características de diseño de la estructura”* (Barbat, Lantada, Pujades, Carreño y Cardona, 1998, p.1). Y la evaluación de ésta en ciertos establecimientos educacionales, construidos durante la primera mitad del siglo XX, por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales (SCEE). Este enfoque en la arquitectura educacional radica tanto en la importancia que poseen estos edificios por su uso educacional, la relación con su contexto urbano, como también su legado enmarcado dentro del patrimonio arquitectónico moderno. En este sentido, dentro de los aspectos más importantes de los establecimientos educacionales podemos destacar el hecho de que en su mayoría son habitados por un gran número niños, además de sus usos alternativos a la educación, como para celebración de festividades, sedes sociales y principalmente como centro de albergue en situación de catástrofes, lo cual nos señala que necesariamente deben ser construcciones que no figuren en situación de elevada vulnerabilidad sísmica, protegiendo así las vidas de las personas que habitan o puedan habitar

dichos edificios.

Es por eso que, para entender cómo responde la arquitectura moderna educacional referida a la problemática sísmica, primero es necesaria una revisión histórica para ver cómo se ha desarrollado la institucionalidad y las políticas sobre la construcción de establecimientos educacionales en Chile entre los años 1937 y 1965, específicamente aquellas obras realizadas por la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales S.A (SCEE).

En primera instancia debemos situar las fechas señaladas en su contexto histórico, correspondiente a las décadas del 30 al 60 del siglo XX donde se establece en Chile la modernidad y la normalización, sentando (entre otras variables) las bases para el inicio de la arquitectura moderna en las instituciones públicas. El movimiento moderno alcanzó un desarrollo a nivel mundial, principalmente en el contexto de una sociedad que se industrializaba rápidamente, aprovechando las tecnologías emergentes, nuevos materiales y la, hasta ese momento, poca asociación de la forma arquitectónica con la función del espacio. Así, la arquitectura moderna comienza a racionalizar los espacios, el habitar y por ende los edificios, convirtiéndose en una arquitectura normada por ciertos parámetros tanto técnicos como formales, ejemplo de esto es el planteamiento de 5 puntos de Le Corbusier en 1926. A partir de esos años, las edificaciones comenzaron a ser construidas con una constantemente desarrollada tecnología y sujetas a diversas normas que regulan su calidad.

En Europa, la destrucción provocada por la Segunda Guerra Mundial fue un propulsor para el desarrollo e internacionalización de los nuevos paradigmas de la modernidad. En el caso de Chile los acontecimientos naturales, entre otros, han influido en el constante replanteo de la arquitectura y el urbanismo. La reconstrucción y la utilización de nuevos materiales

a partir de los sismos con mayor índice de destrucción -Valparaíso en 1906 (7.9 Ms, 8.2 Mw), Vallenar en 1922 (8.39 Ms, 8.5 Mw), Talca en 1928 (8.3 Ms), Cauquenes en 1939 (8.3 Ms), Valdivia en 1960 (8.5 Ms, 9.5 Mw), San Antonio en 1985 (7.8 Ms, 8.0 Mw)<sup>1</sup>- fueron una oportunidad para el ejercicio del diseño urbano y la modificación de la arquitectura tradicional, dando paso a la modernidad arquitectónica, vinculando tecnología, forma y función. Todo lo anterior, además conllevó a la propuesta de documentación, conservación y restauración de la arquitectura moderna por parte de diversos profesionales, como lo desarrolla en la actualidad Horacio Torrent (Presidente de Docomomo Chile) y Docomomo Chile.

A principios del siglo XX, la transición de la sociedad, economía y cultura influyeron en la decisión de la institucionalidad y la clase política de modificar el sistema estatal comenzando por el cambio de la Constitución de 1833 a la de 1925, gestándose la necesidad de modernización del Estado y el desarrollo nacional mediante la *“reforma institucional y administrativa iniciada por los gobiernos radicales a fines de los años 30 y durante los años cuarenta (1938, Pedro Aguirre Cerda en adelante), con la creación de la CORFO [en 1939] y un conjunto de entidades estatales (CAP, ENAP, LAN, ECA, entre otras), enmarcadas en el modelo de desarrollo de industrialización y sustitución de importaciones y dentro de un concepto de Estado de Bienestar”* (Rodríguez, 2012. p.1). Posteriormente, durante el Gobierno de Frei Montalva, se crearon la ODEPLAN (Oficina de Planificación Nacional) en el año 1965, el CONSUSENA (Consejo Superior de Seguridad Nacional) en el año 1960, el MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo) en el año 1965, entre otros órganos gubernamentales bajo el mismo paradigma de

<sup>1</sup> Cifras de magnitudes Ms y Mw obtenidas del registro histórico de sismos importantes y/o destructivos (CSN Universidad de Chile)

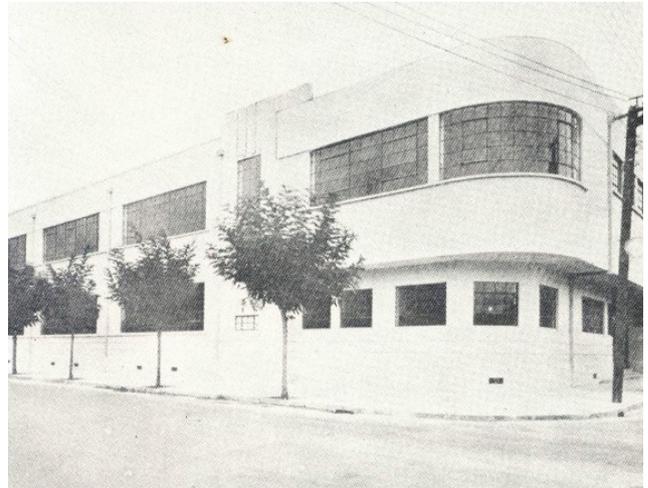


**Imagen 4:** Escuela Superior de Hombres de Cauquenes  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

modernización.

De la misma manera, el desarrollo de la sociedad tiene estrecha relación con la educación formal, esta *“tiene una historia milenaria muy unida a la historia de la ciudad y de la escritura; sin embargo, la necesidad y el origen de una arquitectura específica para ella, es muy reciente”* (SCEE S.A., 1987, p.8) Antiguamente, el acto de educar se llevaba a cabo ligado a un acto de mayor influencia cultural, comúnmente conocido como el culto religioso. Es así como en un mismo espacio arquitectónico convivían dos actividades, dos formas de habitar. Se requirió, por lo tanto, una gran transformación cultural para desacralizar y comenzar a masificar la educación, vislumbrándola como un acto independiente del culto, de la vivienda o del gobierno, necesidad que conllevó el inicio conceptual de una **“arquitectura educativa”** a fines del siglo XIX.

Luego, se suceden leyes y reformas a la educación, especialmente ligadas a la aplicación de conceptos como **“espacio educativo”** o **“clase magistral”**, incorporando paradigmas modernos como funcionalidad, higiene, y asoleamiento, entre otros. En la década de los años 30 se gestó la idea de un organismo autónomo y técnico que estuviera a cargo del diseño y construcción de establecimientos educacionales a lo largo del país, haciendo frente a la alta demanda de edificaciones escolares. Es así como en 1937 se creó la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales S.A. (SCEE) para llevar a cabo esta misión. El desarrollo cultural y económico de la época fueron afectados por las diferentes catástrofes naturales y el crecimiento poblacional, con los consecuentes cambios en los asentamientos de la población a lo largo del país y las demandas sociales, que influyeron de diferentes maneras en la política educacional a través de reformas, repercutiendo a su vez, directamente en una propuesta de arquitectura educacional moderna y pública llevada a cabo por la SCEE.



Imágenes 5, 6 y 7: Vista exterior Escuela Ecuador  
Fuente: Archivo FONDECYT

La SCEE fue la responsable del desarrollo de 4974<sup>2</sup> establecimientos a lo largo del país, entre los años 1937 y 1987 (SCEE, 1987), edificaciones de entre 80 y 30 años de antigüedad que están aún vigentes y en uso constante. Esta condición se presenta como uno de los factores claves para estudiar el índice de vulnerabilidad sísmica que presenta cada caso de estudio. Es decir, su antigüedad se relaciona directamente con la cantidad de sismos que haya resistido el inmueble y, por lo tanto, con la cantidad de lesiones que pueda presentar.

En los últimos 3 grandes sismos acontecidos en menos de 40 años los establecimientos han mostrado diferentes daños, ya sean fruto de la intensidad del sismo, deterioro por el paso del tiempo o de la acumulación de daños poco tratados. Como podemos ver en la Escuela Concentrada de Talca (imagen 21-22-23), el Grupo escolar de Melipilla (imagen 16-17-18-19-20), la Escuela Superior de Hombres de Cauquenes (imagen 4), etc. Esto incluso siendo construidas bajo las normas vigentes al momento de su construcción lo que hace necesario un estudio que propicie planes de acción adecuados, según el caso, que aminoren el deterioro actual de las edificaciones y, por supuesto, evite catástrofes que puedan significar pérdida de vidas.

En base al estudio de **factores de configuración formal, constructiva y estructural** es posible

determinar el nivel de vulnerabilidad con un enfoque preventivo que posibilitaría el diseño de propuestas para dar soluciones tanto constructivas como normativas, ampliando la vida útil y la preservación de los establecimientos.

Esto es una necesidad actual, ya que en palabras de Susan Macdonald, donde se refiere a la conservación de la arquitectura del movimiento moderno, *“Todavía hay poca investigación sobre problemas técnicos comunes que impiden la reparación de estos edificios.”* (Macdonald, 2013, p.2).

La importancia del tema en el desarrollo actual y futuro del país y sus políticas e infraestructura radica en la evaluación de las actuales construcciones para prevenir tempranamente tragedias y disminuir el riesgo de colapso de muchas construcciones; a través de la evaluación preventiva también es posible mejorar las normativas actuales, influyendo en la construcción de nuevos edificios y/o en el desarrollo de nuevas corrientes arquitectónicas. Esta orientación arquitectónica incide directamente en el desarrollo educacional de la población adaptando la infraestructura a las necesidades de la sociedad y otorgando continuidad en el acceso a la educación de miles de niños, niñas y jóvenes día a día.

---

2 Labor que consideró la reconstrucción posterior al terremoto de 1985

## 1.2 PROBLEMÁTICA

Si bien existen diferentes y variados estudios en cuanto a la vulnerabilidad sísmica y la restauración de edificios patrimoniales, el estudio de esta variante es escaso en el caso de la arquitectura moderna, sobre todo en un país donde la sismicidad es una de sus principales características. Respecto a esto, por parte de la ONEMI se enfatizó la carencia de información atingente, luego del terremoto de febrero del 2010, donde uno de los ejes principales propuestos fue “desarrollar y actualizar, de manera permanente, mapas de riesgo que incluyan las variables de amenaza, vulnerabilidad y exposición<sup>1</sup>”. El poco desarrollo de este eje de la *Política Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres* conlleva a una problemática más grave aún teniendo en cuenta que los principales edificios que se convierten en albergues frente a una catástrofe son, precisamente, establecimientos educacionales públicos que no cuentan con estudios de vulnerabilidad sísmica y además, la mayoría de ellos han sobrepasado su vida útil.

En base a estos argumentos, se hace necesario, para casos de inmuebles de tal significancia como el caso de las escuelas, mantener actualizados los estudios que dan cuenta de su estado de **vulnerabilidad sísmica**, evaluando este aspecto regularmente.

La importancia de estos estudios radica en la capacidad de anteponerse a situaciones que pongan en riesgo la vida de los habitantes, complementando el área investigativa con la función fiscalizadora del sector público. En este sentido, la fiscalización de los establecimientos educacionales, por parte de cada Dirección de Obras Municipales (DOM), todavía no ha puesto énfasis en la relevancia que tiene mantener un catastro periódicamente de la situación estructural y constructiva de los establecimientos. De esta manera



Imágenes 8, 9 y 10: Liceo Técnico de Tocopilla, 1940  
Fuente: Germán Castillo Chirino

1 Eje 4: Reducción de los factores subyacentes del riesgo. (ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública, 2016)

la fiscalización se transforma en una herramienta que permita tener un seguimiento del comportamiento de cada inmueble, entendiendo que *“documentar las lecciones aprendidas deberá de ser uno de los registros más importantes de la Gestión de Proyectos para cualquier organización, pues así los errores y aciertos de los proyectos quedan registrados para ser usados en futuras iniciativas, y de esta manera la organización aprenda y mejore continuamente”* (Comino López, 2018, párr.3).

Sumado a lo anterior, en nuestro país los eventos sísmicos históricamente registrados desde el año 1570 han influido directamente en nuestra arquitectura, ya que afectan constante y cíclicamente a gran parte del territorio nacional y, si bien, no es posible predecir un sismo se reconoce su naturaleza cíclica. Este factor ha influido en el diseño arquitectónico y estructural, por lo que las edificaciones están sujetas cada vez a más normas, contando a la vez con mayor tecnología para resistir a los movimientos telúricos de diferente intensidad.

Por lo tanto, los establecimientos educacionales públicos, foco de esta investigación, han tenido que soportar diferentes hitos sismológicos según su ubicación a lo largo del país, resistiendo al menos dos sismos de mayor escala (por sobre los 7,0 Mw). Tener en cuenta el diseño original de estos establecimientos frente a un movimiento telúrico es muy importante ya que, según su tipo y año de construcción, los efectos de un sismo podrían derivar en daños superficiales o estructurales y, por ende, en la necesidad urgente o no de intervención, restauración y/o rehabilitación del edificio o alguno de sus componentes, debiendo aplicar las normas de construcción vigentes a construcciones con más de 30 años de antigüedad.

La norma chilena encargada de regular el diseño sismorresistente es la actual NCh433 versión oficial del año 1996, cuya última modificación corresponde al año 2012 (Posterior al terremoto del 27 de febrero del 2010), y además tiene como referentes otras normas constructivas<sup>2</sup> *“En 1966 se inició el estudio y desarrollo de la NCh 433 Of.72 o norma técnica de cálculo antisísmico de edificios, la que finalmente se oficializó el año 1972 [...] Es en 1996 donde se crea la NCh 433 de Diseño Sísmico, justo después del terremoto de Antofagasta de 1995, en el que el estudio del terremoto de 1985 otorga los cambios que se estiman necesarios para poder solventar dicha norma técnica y hacerla más precisa a las necesidades de nuestra realidad sísmica”* (Saez del Pino, 2011, p.11).

El desarrollo histórico de la norma sísmica chilena es reactivo y posterior a eventos sísmicos de gran intensidad, que por su naturaleza dejan obsoleta la norma existente y obligan a actualizarla, de esta misma manera las edificaciones diseñadas bajo normas antiguas, no cumplirían con los estándares actuales, dejándolos fuera de norma y volviendo su uso potencialmente peligroso. No obstante, existen métodos de estudio preventivos que pueden aplicarse a un edificio, evidenciando sus debilidades o las fallas en su sistema para una intervención temprana

2 NCh427/1 2016 Construcción- Especificaciones para el cálculo, fabricación y construcción de estructuras de acero.  
NCh430 2008 Hormigón armado- Requisitos de diseño y cálculo.  
NCh431 2010 Construcción- Sobrecargas de nieve.  
NCh432 2010 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.  
NCh1198 1991 Madera- Construcciones en madera- Cálculo.  
NCh1537 1986 Diseño estructural de edificios- Cargas permanentes y sobrecarga de uso.  
NCh1928 Of93-Mod.2003 Albañilería armada- Requisitos para el diseño y cálculo.  
NCh2123 Of97-Mod.2003 Albañilería confinada- Requisitos de diseño y cálculo. (Instituto Nacional de Normalización-Chile, 1996)

y, por ende una futura buena respuesta frente a un evento sísmológico; la llamada **vulnerabilidad y su diagnóstico**.

Esta condición de vulnerabilidad sísmica de los Locales Escolares queda demostrada en las evaluaciones del terremoto del 27F 2010, ya que según el Ministerio de Educación: *"...a partir de la encuesta de percepción de daños aplicada a los directores de establecimientos de las regiones afectadas, 2.574 escuelas y liceos quedaron inhabilitados tras el sismo. En ellos estudian 782 mil alumnos. Más de 300 establecimientos educacionales están derrumbados o con daños severos, de los cuales las tres cuartas partes, aproximadamente, son municipales. Se trata de establecimientos que atendían a una población escolar de alta vulnerabilidad social y en general de pobre desempeño"* (Ortiz, 2012, párr.3).

No todos los establecimientos anteriormente nombrados fueron reconstruidos y respecto de los que quedaron en pie y fueron intervenidos, se vio directamente afectada su resistencia sísmica, quedando predispuestos a posible fallas futuras y, por lo tanto, vulnerables frente a los sismos. Es por estas principales razones que su estudio es indispensable para la mitigación de futuros desastres en edificios que continúan funcionando, protegiendo así a la población que los utiliza diariamente, además de evitar el impacto económico y social que generaría la destrucción de un establecimiento educacional.

La arquitectura moderna, de la primera mitad de siglo XX en Chile, fue diseñada bajo las normas básicas vigentes<sup>3</sup> en el año respectivo a su edificación,

sin embargo, teniendo en cuenta la constante actualización de la norma constructiva y sísmica, podríamos decir que en teoría, la totalidad de los establecimientos construidos por la SCEE en los años citados, están muy fuera de norma actual *"La falta de una política pública para la reducción del riesgo sísmico en las ciudades, cuya normativa hubiese guiado los procesos de urbanización y construcción de edificios singulares, ha aumentado la vulnerabilidad urbana y arquitectónica ante un sismo"* (Guevara Pérez, 2009, p.58). Al considerar tales edificios como una unidad independiente esto podría afectar de mayor manera a las edificaciones colindantes en caso de ocurrir un evento sísmico.

Teniendo en cuenta lo anterior, vemos que en la actualidad existen distintos diseños de establecimientos educacionales modernos respondiendo de diferente manera según su **año de construcción, las normas y/o leyes vigentes en ese entonces, el diseño arquitectónico, las tecnologías utilizadas en la construcción, la racionalización de los espacios y la posterior integración de la prefabricación**, a pesar de estas diferencias, las edificaciones pueden agruparse en distintas tipologías. Por lo tanto, es imperativo el estudio del estado de dichas tipologías y la proyección a futuro del funcionamiento de los establecimientos educacionales y, principalmente, la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los casos evitando potenciales desastres tanto arquitectónicos como pérdida de vidas.

A pesar de los avances en temas legislativos desarrollados como una reacción frente a eventos sísmicos, existe poca implementación de medidas y estudios preventivos en relación a las edificaciones públicas, un ejemplo de esto es el Anexo 6.1 de la Norma Sísmica chilena, en el cual se indica que *"Los*

3 Ver tabla 3, página 53

edificios de categoría A<sup>4</sup>, deben someterse cada 10 años a una revisión con el fin de establecer su conformidad con los requisitos de esta norma” (NCh 433.Of96). Si bien es una herramienta que permitiría un diagnóstico profundo y temprano del estado de daño de muchos edificios, probablemente esto no se lleva a cabo, o bien se deriva en reparaciones que muchas veces son estéticas que se solucionan a nivel de fachada, lo que podría incrementar el riesgo a nivel estructural. Esto es muy probablemente a raíz del poco personal especializado y falta de recursos económicos (estatales y municipales) versus la gran cantidad de edificios públicos, sumado al poco conocimiento de los sistemas constructivos por parte de quienes son responsables de la administración e intervienen los establecimientos, donde la necesidad de suplir una demanda escolar es primordial.



**Imagen 11:** Junta de dilatación en Liceo Dante Parraguez  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

4 Categoría A: Edificios gubernamentales, municipales, de servicios públicos o de utilidad pública y aquellos cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe. (NCh 433.Of96, pág. 15 párr.4.3.1)

## 1.3 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### Pregunta de investigación

¿Cómo influye el diseño y estado arquitectónico, estructural y constructivo de la arquitectura escolar diseñada por la SCEE bajo principios del movimiento moderno entre los años 1937 y 1965, en su vulnerabilidad sísmica?

¿Los diseños escolares, llevados a cabo por la SCEE entre 1937-1965, en las regiones de Valparaíso y Bío Bío, son igualmente vulnerables?

### Hipótesis

El diseño de las escuelas modernas construidas por la SCEE entre los años 1937 y 1965, responde adecuadamente a la norma bajo la cual fue regido su diseño, sin embargo, esto no evita que los edificios muestren daños de diverso origen y categoría, debido principalmente a su configuración morfológica, con edificaciones de pabellones alargados propensos a las fallas, la recurrencia sísmica y la presencia de diversos (o superposición de) sistemas constructivos en su estructura, influyendo estas condiciones directamente en su vulnerabilidad frente a futuros eventos telúricos.

A lo largo del país la SCEE desarrolló en total 1129 establecimientos educacionales (de enseñanza básica y media) durante sus primeros 28 años de funcionamiento, correspondientes a su primera etapa<sup>1</sup>. En base a la experiencia acumulada podemos interpretar que la SCEE al diseñar y construir una gran cantidad de establecimientos tuvo la oportunidad

de mejorar constante y continuamente sus modelos, llegando a un desarrollo sísmico-constructivo superior a las exigencias de la época, permitiendo la existencia y uso de los establecimientos con un comportamiento sísmico aceptables en la actualidad.

### Objetivo Principal

**Evaluar las actuales condiciones de vulnerabilidad sísmica de un conjunto de establecimientos escolares diseñados por la SCEE entre los años 1937 – 1965 en zonas de alta actividad sísmica (ciudades costeras), en base a la aplicación de un método cualitativo de evaluación.**

### Objetivos Secundarios

- Identificar las características de diseño arquitectónico, estructural y constructivo de los establecimientos construidos por la SCEE.
- Analizar los factores de diseño que han influido en el comportamiento sísmico y la vulnerabilidad de la arquitectura escolar pública entre los años 1937-1965.
- Evaluar el grado de vulnerabilidad actual de los establecimientos educacionales en uso, según un método existente de evaluación de la vulnerabilidad sísmica (FEMA P-154)

1 En base a las publicaciones e investigación de la Dra. Arquitecta Claudia Torres Gilles y sus colaboradores, la labor de la SCEE se divide en tres etapas, entre 1937-1965, 1961-1968 y 1966-1987. (información desarrollada entre las páginas 38-41)



**Imagen 12 :** Daños Escuela España  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

# 1.4 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

## ANTECEDENTES GENERALES

La investigación a desarrollar tiene inicialmente un **alcance descriptivo**, ya que, mide y recoge información respecto a las características y propiedades de los casos para un posterior análisis y evaluación de la vulnerabilidad sísmica, evidenciando en el proceso el “por qué” del resultado de dicha evaluación. Según R. Hernández-Sampieri<sup>1</sup> este tipo de metodologías considera al fenómeno estudiado y sus componentes, la medición de conceptos y definición de variables, aportando a la base para próximos estudios y/o investigaciones sobre el tema o relacionados con la problemática expuesta.

Además la metodología a aplicar en esta investigación pretende analizar y describir cómo y por qué un edificio moderno llega a presentar grados de vulnerabilidad sísmica. Durante el desarrollo de la investigación se realizará un **estudio de casos** desde un **enfoque cualitativo** ya que se pretende identificar las características arquitectónicas, estructurales y constructivas de los establecimientos educacionales públicos modernos que los pueden hacer vulnerables sísmicamente.

La escasez de antecedentes actuales de los casos, genera necesariamente el desarrollo de trabajo en base a la información generada por el equipo del proyecto FONDECYT en el cual participa esta investigación. Esto es relevante para una posterior evaluación y análisis comparativo de la actual vulnerabilidad sísmica de cada caso.

La evaluación de la vulnerabilidad sísmica se basará en una revisión previa de información tanto nacional como internacional para seleccionar entre diferentes metodologías (existentes previamente), la que mejor

se decúe a los casos de estudio, ésta adaptará en base al contexto tanto normativo como geográfico y se aplicará al sistema estructural (sismorresistente principal) del edificio y en algunos casos a los elementos no estructurales que coexistan e influyan en el comportamiento sismorresistente, comprendiendo al edificio como un sistema.

Además, la investigación busca generar un aporte en el estudio técnico-constructivo y estructural de los establecimientos educacionales públicos teniendo en cuenta su importancia social, económica, política y sanitaria (esta última se considera ya que son estos establecimientos los albergues en caso de desastres y/o emergencias), para lo cual se seleccionan dos **zonas representativas** por su condición crítica tanto a nivel geográfico como en cantidad y calidad de casos de estudio.

1 Hernández Sampieri, Roberto (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.)

## ETAPAS DE DESARROLLO

### ETAPA 1: Revisión bibliográfica.

*“La revisión de la literatura debe iniciarse desde el comienzo del estudio porque el conocimiento que nos brinda es útil para plantear el problema de investigación y posteriormente nos sirve para refinarlo y contextualizarlo”* (Hernández Sampieri, 2014, p.58).

Es por esto que la primera etapa busca generar una base teórica para la investigación, recopilando los antecedentes necesarios para conceptualizar el enfoque de la investigación mediante la revisión de documentos. Para ello, se recopiló la mayor cantidad de antecedentes pertenecientes a investigaciones previas, papers, artículos, publicaciones científicas, libros y proyectos de años anteriores, relacionadas a la vulnerabilidad sísmica; como también los estudios, publicaciones nacionales e internacionales que desarrollen temas ligados principalmente a la problemática de conservación de la arquitectura moderna, la arquitectura educacional pública y la labor de la SCEE. Esta primera etapa sustenta el desarrollo del planteamiento de la investigación, por lo tanto, se consulta la bibliografía necesaria para conocer la historia de la SCEE, comprender el concepto de vulnerabilidad sísmica, arquitectura moderna y además los conceptos básicos de sismicidad.

Paralelamente, se investigan diferentes métodos de evaluación preventiva de la vulnerabilidad sísmica aplicados internacionalmente en diversos tipos de edificaciones, con el objetivo de encontrar el método que mejor se adapte a la realidad y necesidad nacional que abarca esta investigación. Se consultan metodologías de diferentes autores y procedencia.

### ETAPA 2: Revisión de archivos y documentos que sustenten la investigación.

Si bien gran parte de la investigación es teórica, el sustento empírico es el estudio de casos. Para lograr esto, paralelamente a la revisión bibliográfica se revisan los documentos planimétricos y archivos que permitan recopilar la información de los posibles casos de estudio. La principal fuente es el archivo de la Dirección de Obra Municipales (DOM) de las ciudades seleccionadas, la planificación anual histórica de la SCEE durante el siglo XX, las diferentes publicaciones de la SCEE y la investigación y recopilación desarrollada por la Dra. Claudia Torres Gilles, académica Departamento de Arquitectura de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile y su equipo.

Por otra parte, teniendo en cuenta nuestro territorio y la constante historia telúrica de nuestro país se investigan las normas constructivas relacionadas y su desarrollo hasta llegar a las actuales.

### ETAPA 3: Preparación de instrumentos y levantamiento de información en terreno.

Posterior a la revisión y en base a los métodos estudiados, se adapta el modelo de evaluación de la vulnerabilidad sísmica que será aplicado en pautas e instrumentos que permitan procesar sistemáticamente la información que se desarrolló en terreno<sup>1</sup> para un posterior análisis y evaluación, tanto de los diseños arquitectónicos, sistemas estructurales y constructivos como su vulnerabilidad sísmica.

1 Parte del archivo de la investigación FONDECYT.

De modo complementario, se realizarán fichas de caracterización de los casos analizados y cuadros que permitan el análisis comparativo.

*“El momento de aplicar los instrumentos de medición y recolectar los datos representa la oportunidad para el investigador de confrontar el trabajo conceptual y de planeación con los hechos”* (Hernández Sampieri, 2014, p.196).

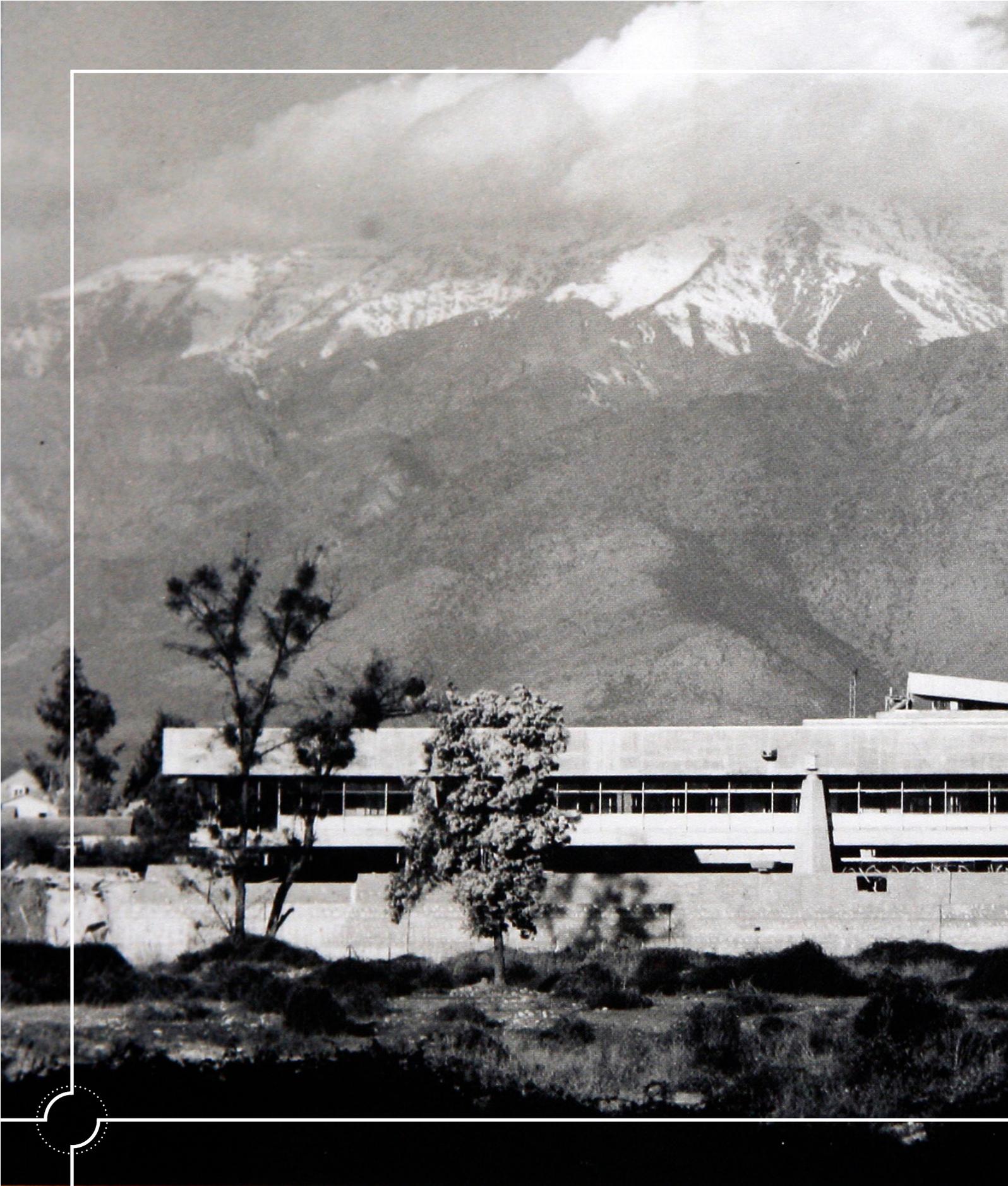
#### **ETAPA 4: Análisis de resultados y conclusiones**

En esta etapa se categorizan y contrasta cada caso en base a las pautas del análisis, diagnosticando su vulnerabilidad a través del método aplicado en la etapa anterior, estableciendo el grado y la causa de vulnerabilidad que permitirá proyectar la prioridad de una futura intervención de refuerzos y reparaciones de los edificios.

Además se contrastarán los resultados de la aplicación de las fichas de evaluación de Vulnerabilidad sísmica con las fallas que efectivamente hayan presentado los establecimientos y de las cuales haya registro en el archivo del proyecto FONDECYT.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA	FUENTE DE INFORMACIÓN
<p>Evaluar las actuales condiciones de vulnerabilidad sísmica de un conjunto de establecimientos escolares diseñados por la SCEE entre los años 1937 – 1965 en zonas de alta actividad sísmica (ciudades costeras), en base a la aplicación de un método cualitativo de evaluación.</p>	<p>Identificar las características de diseño arquitectónico, estructural y constructivo de los establecimientos construidos por la SCEE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica.</li> <li>• Análisis planimétrico.</li> <li>• Observación de campo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de planos de arquitectura, estructura y detalles.</li> <li>• Análisis tipológico.</li> <li>• Levantamiento fotográfico, fichaje y clasificación de casos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compendios e investigaciones sobre la SCEE, sitios web y archivos de la DOM respectiva.</li> <li>• Bibliografía, libros y revistas relacionadas.</li> <li>• Establecimientos educacionales seleccionados.</li> </ul>
	<p>Analizar los factores de diseño que han influido en el comportamiento sísmico y la vulnerabilidad de la arquitectura escolar pública entre los años 1937-1965.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión bibliográfica.</li> <li>• Observación de campo y estudio planimétrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compilación de métodos evaluativos de vulnerabilidad sísmica.</li> <li>• Levantamiento fotográfico y planimétrico de lesiones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artículos científicos sobre métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica.</li> <li>• Establecimientos educacionales seleccionados.</li> </ul>
<p>Evaluar el grado de vulnerabilidad actual de los establecimientos educacionales en uso, según un método existente de evaluación de la vulnerabilidad sísmica (FEMA P-154)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de documentos y revisión bibliográfica.</li> <li>• Análisis planimétrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión y clasificación de tecnologías y normas arquitectónicas aplicadas.</li> <li>• Revisión de planos de arquitectura, estructura y detalle.</li> <li>• Aplicación de la pauta de evaluación adaptada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normas constructivas, leyes y reseñas historico-constructivas de los establecimientos.</li> <li>• Compendios, documentos e investigaciones sobre la SCEE.</li> </ul>

TABLA 1: RESUMEN DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



## 02. MARCO TEÓRICO

Movimiento Moderno  
Educación y arquitectura en Chile  
Sismicidad  
Vulnerabilidad sísmica



**Imagen 13:** Fachada Edificio Cepal, 1966  
**Fuente:** [www.plataformaurbana.cl](http://www.plataformaurbana.cl)

## 2.1 MOVIMIENTO MODERNO

### ARQUITECTURA DEL MOVIMIENTO MODERNO

Caracterizado y conocido como una tendencia que rompió con la tradicional composición y estructura del diseño y el arte en general, el movimiento moderno nació a principios del siglo XX y su principal cuna fue la arquitectura, promoviendo el “buen diseño”, el bienestar social y la racionalización de espacios, aprovechando las posibilidades brindadas por los nuevos materiales industrializados y por la maquinaria.

Luego de un periodo de "madurez" del hormigón que según Sigfried Giedion comenzó en 1774 con la construcción del faro de Eddystone por John Smeaton y culminó en torno a 1900 donde el hormigón, ahora armado, estaba tan desarrollado que hacía posible la construcción de láminas. Cuando se asimilaron los nuevos métodos que surgieron a principios del Siglo XX, la arquitectura se liberó de prejuicios que a la vez potenciaron rápidamente el uso de hormigón armado, tanto que alrededor de 1920 se convirtió casi en el distintivo de esta nueva arquitectura.

Uno de sus conocidos impulsores de las ideas del movimiento moderno fue el arquitecto austriaco Adolf Loos (1870-1933) con su artículo "Ornamento y Delito" 1908) "El ornamento es fuerza de trabajo malgastada y, por ello, salud malgastada. Así fue siempre. Hoy, además, también significa material malgastado, y ambas cosas significan capital malgastado. (...) He enunciado la siguiente idea: la forma de un objeto debe ser tolerable durante el tiempo que físicamente dure dicho objeto" (Loos, 1908 p.47) Loos aplicó estas ideas, dejando completamente de lado las cornisas, molduras o cualquier tipo de ornamentación, fomentando al geometrizar en sus obras e incorporando el concepto del "Raumplan" que consistió en otorgar a cada habitación una importancia distinta (jerarquización de espacios).

Por otra parte está el arquitecto que es considerado uno de los mayores exponentes del Movimiento Moderno y uno de los más influyentes gracias a sus aportes, Le Corbusier, quien sistematizó su arquitectura a través del manuscrito "Les Cinq Points d'une Architecture Nouvelle" que escribió junto a Pierre Jeanneret en 1926-27 en el cual propone 5 puntos básicos en la arquitectura moderna (Planta baja sobre pilotes, planta libre, fachada libre, ventana alargada y terraza-jardín), el Modulor (sistema de proporciones en base a la figura humana) y su concepto de la vivienda como "La máquina de habitar". Los postulados de estos y otros arquitectos llevaron a la arquitectura a un nuevo nivel, enfrentándose y dando solución a diferentes desafíos del habitar como la modulación espacial, el confort lumínico y la higiene de los espacios entre otros, modelando lo que hoy en día es ampliamente conocido como "Arquitectura Moderna".

"Con la aceleración del avance de la industria a mediados del Siglo XIX, resultaba evidente la sensación, por parte de los arquitectos, de que su privilegiada posición estaba amenazada y de que las tradiciones de su arte se habían quedado anticuadas" (Giedion, 2009, p.232) Es así que el desarrollo del movimiento moderno se dio en un ambiente general, casi global, de creatividad donde cada nación perseguía distintos objetivos de innovación en diferentes áreas. El acceso a la información y la tecnología eran cada vez mayores, por lo que la arquitectura moderna buscó constantemente romper con los diseños tradicionales, tanto que en la segunda mitad del siglo XX las obras se tornaron cada vez más vanguardistas al experimentar con la capacidad de los materiales, esto llevó muchas veces al límite el desarrollo ingenieril que estuvo desde un comienzo ligado a la arquitectura moderna ya que



**Imagen 14:** Edificio Cepal  
**Fuente:** [www.fosforescente.cl](http://www.fosforescente.cl)

en palabras de Giedion, "La arquitectura es un arte austero que debe obedecer a leyes rigurosas. Esto es aplicable no sólo a los materiales que utiliza, sino también a las formas que adopta (...) no puede tener una libertad absoluta; se mueve dentro de ciertos límites"(2009, p.827)

Sin embargo, la aplicación de nuevas técnicas en materiales tradicionales, nuevos sistemas constructivos, nuevos materiales, nuevas formas de la arquitectura moderna, desconocimiento de la variable terreno de emplazamiento en relación a las innovaciones constructivas y las problemáticas asociadas a la segunda guerra mundial (como falta de materiales de calidad en acero y madera o falta de mano de obra especializada) llevaron muchas veces a que las obras se vieran expuestas o comprometidas en términos de rendimiento, seguridad y longevidad, generando problemáticas, debido a que, como indica Susan Macdonald "Los problemas materiales incorporados y la falta de mantenimiento a menudo asociados con edificios del pasado reciente, inevitablemente exacerban el deterioro" (2009, p.3). A pesar de lo anterior, existen casos que buscaban adoptar conceptos y postulados de la arquitectura moderna, pero mantuvieron métodos constructivos conservadores, situación que se presentó en gran parte del territorio latinoamericano; esto en algunos casos llevó a una mezcla de materiales y aspectos morfológicos que complejizaban el edificio.

El movimiento moderno y su arquitectura tuvieron diferentes expresiones y problemáticas según el territorio, sin embargo el caso general de América Latina es más o menos similar entre países, ya que el desarrollo de este movimiento coincidió "en el tiempo del crecimiento y desarrollo de un gran número de ciudades y el dominio de una modernidad consiente por parte de los arquitectos

de esas ciudades" (Eliash, 1989, p. 16). Por otra parte, la técnica del hormigón armado era de fácil acceso por los materiales de bajo costo y de menor necesidad de especialización de la mano de obra en los diferentes territorios, en comparación con otros países como Estados Unidos donde se potenció el uso del acero. De esta manera podemos encontrar ciudades Latinoamericanas con una composición urbana y arquitectónica claramente moderna y a la vez cuna de obras y arquitectos destacados como Oscar Niemeyer (Brasil), Clorindo Testa (Argentina), Luis Barragán (México). El rol de las revistas de arquitectura en la unificación de la arquitectura moderna en Latinoamérica fue fundamental ya que "recogen la producción nacional tanto como aquello procedente del resto del mundo, hecho que permite a los arquitectos del momento estar profundamente informados de los acontecimientos mundiales y sentirse parte integrante de los mismos"(Eliash, 1989, p.30), constituyendo el principal medio de difusión y recopilación de información respecto a las obras del movimiento moderno.

No obstante, la actual obsolescencia o preservación de la arquitectura moderna está directamente ligada al "deterioro físico de los materiales, la inexperiencia en las soluciones constructivas y estructurales empleadas, la obsolescencia de los usos y actividades que acoge y para los que estaban destinados y la caducidad de los significados culturales que asumía" (Calduch, 2009, p.32) es en los primeros aspectos que nombra Calduch, relacionados a lo técnico y funcional, donde los arquitectos podemos aportar en cuanto a la valoración de la arquitectura moderna que en muchas zonas, corresponde a gran parte de las edificaciones.

## ARQUITECTURA DEL MOVIMIENTO MODERNO EN CHILE

El desarrollo de la arquitectura moderna en Chile estuvo influenciado por una mezcla de industrialización, explotación de minerales y materiales y por una formación vinculada a cambios en el ejercicio profesional, esto se ve reflejado y expuesto principalmente en dos textos consultados: “Para una historia de la difusa arquitectura moderna en Chile” donde en palabras de Max Aguirre, los orígenes de la arquitectura moderna en Chile: *“tienen un precedente en los procesos de explotación del salitre, del cobre y del carbón durante la segunda mitad del siglo XIX, cuando con capital y tecnologías extranjeras éstos se iniciaron en territorios del norte, centro y sur del país”* (2008, p.13). Mientras que en el texto “Arquitectura y modernidad en Chile” se expone que, durante la década del veinte *“La crisis política, la elección de Alessandri en 1920, son germen de cambio junto con la Constitución de 1925 y la dictadura de Ibañez. El terremoto de Talca 1928 y los viajes de los arquitectos chilenos en la segunda mitad de los veinte, marcan el comienzo del proceso de modernidad en nuestra arquitectura”* (Eliash & Moreno, 1989, pág. 14). Enfrentados a la ausencia de legislación y a las obras realizadas por personas no formadas profesionalmente, la racionalización y la referencia de la arquitectura de países más desarrollados fueron la respuesta, desencadenando un cambio en la enseñanza y en el ejercicio de la profesión. Estos dos principales acontecimientos centraron las bases del cambio cultural, político y económico para que a inicios del siglo XX se desarrollara la modernidad arquitectónica en Chile.

En base al párrafo anterior podemos decir que, los materiales y las nuevas tecnologías ya se encontraban en Chile, sin embargo, hicieron faltas las nuevas técnicas y personajes impregnados de los principios del movimiento moderno en Europa, capaces de innovar y traer la vanguardia de la nueva estética moderna a Chile. Es así como la influencia europea en la arquitectura chilena se vuelve cada vez más fuerte

a principios del siglo XX cambiando hacia mediados de siglo su eje de influencia hacia los Estados Unidos, manteniendo un carácter de importación del movimiento. *“La enseñanza de arquitectura apenas llevaba más de un cuarto de siglo de funcionamiento continuo, por lo tanto, recién estaban viéndose los resultados de éstas en el campo profesional. Lentamente comienza a gestarse la revisión de las bases y supuestos teóricos de la enseñanza de la arquitectura en nuestro país”* (Eliash & Moreno, 2012, p.2).

Sumado a lo ya mencionado, los grandes sismos y las enfermedades asociadas a la poca salubridad, fueron los que, en su gran mayoría, aportaron a la proliferación de la arquitectura moderna en nuestro país, otorgándole características particulares de una arquitectura racionalizada, firme, duradera, salubre (en cuanto a luminosidad, soleamiento y ventilación) y que además optimizaba y jerarquizaba espacios. En palabras de Horacio Torrent, presidente de Docomomo Chile, la arquitectura moderna: *“Constituyó una forma de construir obras y configurar las ciudades. Surgió con pretensiones de renovar las formas y los instrumentos tradicionales de la concepción arquitectónica, incorporando primero las transformaciones técnicas y materiales que se habían sucedido desde mediados del siglo XIX y promoviendo –posteriormente– la innovación proyectual y tecnológica en relación con la sociedad”* (Torrent, 2016, p.16).

La arquitectura moderna en Chile se desarrolló inicialmente por arquitectos elitistas que buscaban una expresión estética similar a las que fueron capaces de visitar y/o estudiar en países que eran el centro de producción de las grandes ideas del siglo XX, transformando de cierta manera a la arquitectura educacional en un "laboratorio de experimentación", ejemplo de esto es el caso de Gustavo Mönckeberg quien fue enviado en 1919 a perfeccionar sus conocimientos al extranjero como *“comisionado por*

*la Sociedad de Instrucción Primaria, a perfeccionarse en Alemania en estas materias*” (Junemann, 1999. p.1), sin embargo, en un país fuertemente ligado y familiarizado con los movimientos telúricos fue necesario ajustar los conceptos del movimiento moderno a las exigencias locales, generando una expresión más robusta y de mayor peso visual que en otros países de Latinoamérica, además *“El país toma conciencia de la necesidad de la planificación urbana con el terremoto de Talca de 1928 que deja al descubierto la fragilidad de muchas ciudades. Una consecuencia directa de ese terremoto será la creación en 1930 del primer curso de Urbanismo en la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Chile, por el urbanista y profesor Alberto Schade, que tiene una importante influencia. En 1933 se produce un movimiento reformista en la misma Escuela suscitando un importante cambio en los planes académicos por una orientación más racionalista”* (Eliash & Moreno, 2012,p.14).

A fines del siglo XIX en base a prioridades estatales y una visión social de las necesidades del país, en 1875 se generó el primer “Plan Normal de Construcciones Fiscales”, en conjunto con la Oficina Central de Ingenieros Civiles del Ministerio de Obras públicas<sup>1</sup> con el objetivo de lograr una imagen estatal sólida, se busca construir los diferentes edificios fiscales bajo un mismo concepto y arquitectura que se aplicó durante gran parte del siglo XX: *“La expresión arquitectónica de la edificación pública constituye la imagen de la institucionalidad del Estado, austera, trascendente en lo conceptual, duradera en lo material, funcional espacialmente flexible (...) respetuosa de las tradiciones culturales de nuestra sociedad y del paisaje en que se localiza. No admite modas, decoraciones superfluas ni audacias que impliquen riesgo tanto en lo físico como*

*en lo conceptual”* (Dirección de Arquitectura del MOP, 1989). Es así que podemos asociar a la arquitectura del movimiento moderno como la respuesta que encaja en la solicitud tipológica y arquitectónica estatal, aportando a través del diseño, una imagen de solidez, funcionalidad y proyección temporal.

En concordancia con los párrafos anteriores, el Estado adoptó de manera institucional el lenguaje de la arquitectura del movimiento moderno, realizando desde viviendas (CORVI, 1953), pasando por establecimientos educacionales (SCEE, 1937), hospitales (SCEH, 1944) y hasta dependencias ministeriales (MOP). Destacando a arquitectos como José Aracena Aguilar, Gustavo Mönckeberg Bravo, Juan Martínez, Ricardo González Cortés, Mario Muñoz, Carlos Albrecht y Edwin Weil, entre otros. Y si bien el movimiento moderno en Chile estuvo en parte influenciado por la importación del movimiento de Europa, fue el constante cuestionamiento dialectico entre la expresión y los principios por parte de los arquitectos de la época, los que llevaron a la arquitectura moderna de una influencia extranjera a una tendencia local. Es así como la arquitectura está directamente ligada con la identidad de una nación.

Hacia mediados de siglo XX el movimiento moderno en Chile mostraba una mayor independencia de los movimientos arquitectónicos extranjeros, convirtiéndose en la base de la gran mayoría de las edificaciones estatales. Si bien contamos con varios y variados edificios exponentes del movimiento moderno en Chile, que en su época de construcción fueron capaces de demostrar el potencial del hormigón armado a través de las curvas, las fachadas con vanos continuos o las plantas libres, no muchos de estos inmuebles son valorados por la sociedad ni protegidos como monumentos o testigos mudos del desarrollo nacional.

1 Posteriormente en 1953, Dirección de Arquitectura del MOP

## CONSERVACIÓN DE LA ARQUITECTURA MODERNA

Según varios historiadores de la arquitectura del siglo XX, *“el estudio de las edificaciones de ese periodo se dificulta debido a la gran cantidad de obras que han desaparecido; si bien, en algunos casos, se puede relacionar esta condición con factores imponderables como los terremotos o los huracanes, la mayoría de las destrucciones han sido provocadas por el ser humano, tanto a causa de conflictos armados como de la simple ignorancia y especulación económica”* (Noelle, 2004, párr.1). Pese a ello, el legado que aún se mantiene de este movimiento arquitectónico ha promovido estudios cada vez más detallados orientados a la conservación y valoración de estas edificaciones.

Parte de la importancia de la arquitectura del movimiento moderno en Chile, radica en la influencia que tuvo en la configuración urbana actual, como también el aporte que desarrolló en términos de calidad, racionalidad y durabilidad de las edificaciones, las cuales en ocasiones superan a las construcciones contemporáneas. Esto se debe a que los arquitectos del movimiento moderno se vieron enfrentados a desafíos tanto formales, como materiales y sociales en relación a sus obras, desafíos que los llevaron a una innovación que es aún muy relevante para el periodo actual, donde la arquitectura y las tecnologías asociadas están en constante evolución, evaluación y adaptación.

La arquitectura moderna, si bien fue construida bajo la última tecnología de su época y con diseños de excelencia, no evita el cumplimiento de la vida útil de sus materiales de construcción. En relación a lo anterior se puede deducir que todos los objetivos de las instituciones internacionales<sup>1</sup> que abordan el tema,

apuntan a una conservación y restauración imperativa de las obras y el legado del movimiento moderno, esta necesidad urgente se ve reflejada en las palabras de Susan Macdonald *“El tiempo entre la creación de un edificio y su protección y conservación nunca ha sido tan comprimido como para el patrimonio de la era moderna. La Bauhaus de Gropius tenía solo cuarenta años cuando fue incluida en la lista en 1964. La ciudad de Brasilia, diseñada en 1956, fue inscrita en la Lista del Patrimonio Mundial en 1987”* (Macdonald, 2013, p.1). En este sentido, resulta lógico entender que la conciencia sobre la relevancia del patrimonio es la mejor herramienta para salvaguardarlo.

En base a lo anterior, una de las primeras interrogantes es ¿qué preservar y cómo? Es probable que el “qué” sea más sencillo de responder a través de una categorización de importancia, estado y representatividad de una determinada obra con el movimiento moderno, su contexto e historia. Sin embargo, el cómo va un poco más allá, dividiendo la restauración de las edificaciones en dos categorías generales: la restauración conservadora apegándose al diseño original y la restauración que utiliza tecnologías contemporáneas.

Teniendo en cuenta que la restauración de la arquitectura clásica, antigua y/o anterior a la modernidad ha sido mucho más estudiada en términos de restauración, podemos contar como referente los siguientes textos sobre ambas posturas frente a la restauración. La primera, como postura conservacionista, es del texto de Paolo Marconi de título *“La recuperación de la belleza”* (2005), además de su artículo *“Por qué debe ser donde y como era”*<sup>3</sup> Refiriéndose a la fidelidad que deben tener las actividades de restauración con el diseño original de

1 Como Docomomo International, el Comité del Patrimonio Moderno de la Asociación para la Tecnología de Preservación (APT), el Comité Científico Internacional del ICOMOS sobre el Patrimonio del Siglo XX, Getty Conservation Institute, la arquitectura moderna asiática. Network (mAAN), entre otros.

2 Volume *“Il Recupero della Bellezza”* de Paolo Marconi.

3 *“Perché deve essere dov'era e com'era”* de Paolo Marconi.

las obras, afirmando que la repetición y la réplica son la glorificación de la arquitectura y caracterizando a las características recurrentes en los edificios como “Tipos edilicios”. En respuesta a Marconi está el texto de Marco Dezzi Bardeschi “La paradoja de la duplicación<sup>4</sup>” (2009) quien se opone a lo expuesto en los textos de Marconi a través de la postura de la corrección e implementación de mejoras tecnológicas actuales a los edificios, respetando siempre la historia de éste, dando espacio a la investigación, situación que asegura, la postura de Marconi impide. Para efectos de esta investigación se tendrá mayoritariamente en cuenta la postura de Marco Dezzi, ya que en el contexto sísmico del territorio en el cual se emplazan los establecimientos educacionales, objetos de esta investigación, el adecuamiento estructural y constructivo a través de los avances tecnológicos, es primordial para la seguridad de sus habitantes.

Los estudios enfocados en la valoración de la arquitectura moderna no fueron tan significativos hasta hace un par de décadas, exactamente en la Universidad Tecnológica de Eindhoven, Holanda, 1988, donde una investigación concluyó que la conservación de los edificios de esta época era posible, es así que teniendo como precedente el trabajo de ICOMOS<sup>5</sup>,

4 “Il paradosso della «duplicazione»” Marco Dezzi Bardeschi 8 de Octubre del 2009. Publicado en «Il Giornale dell’Architettura».

5 International Council on Monuments and Sites (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios), asociación civil no gubernamental, ubicada en París, en Francia ligada a la ONU, a través de la Unesco. Fue fundado en 1965, como resultado de la Carta de Venecia de 1964. Su principal objetivo es el de promover la teoría, la metodología y la tecnología aplicada a la conservación, a la protección y a la valorización de monumentos y de sitios de interés cultural. (Wikipedia, 22 oct 2016)  
El Comité Chileno del Consejo Internacional de Monumentos y Sitios fue creado como asociación de facto el año 1969, momento desde el cual se vincula a ICOMOS, organismo que lo reconoce como Comité Nacional. (Icomos Chile, s.f.)

se originó el Documentation and Conservation of Buildings, Sites and Neighbourhoods of the Modern Movement (Comité Internacional de Documentación y Conservación de Edificios, Sitios y Barrios del Movimiento Moderno), más conocido como Docomomo, encargado de cooperar en el intercambio de experiencias, sentar las bases para la restauración, conservación, visibilidad e importancia de las obras del movimiento moderno alrededor del mundo.

Tras la creación de Docomomo, se han desarrollado conferencias internacionales cada dos años, variando sus temáticas y sedes de encuentro. Es así como en septiembre del año 2016 se desarrolló el penúltimo encuentro de Docomomo Internacional en Lisboa, abordando como temática principal la “reutilización adaptativa” entendido como el re-uso creativo de edificaciones mediante un programa y destino diferentes de los que fueron pensados en su diseño o construcción, pero sin interferir en su obra gruesa. Dentro de los tópicos abordados en la conferencia uno de los más desarrollados fue “*el problema de la sustentabilidad y de la obsolescencia estructural, funcional y de estándares de confort de muchas de las obras. De esta forma, se propuso una discusión basada en la revisión de experiencias relativas a la adaptación de obras a nuevos usos o condiciones actuales, manteniendo y realzando sus valores intrínsecos*” (Cortés, 2016, p.12).

Finalmente, en agosto del año 2018, se realizó en Liubliana la última conferencia internacional hasta la fecha, cuyo tema se enfocó en la “Metamorfosis, la continuidad del cambio” en la arquitectura moderna como oportunidad en virtud de las tecnologías contemporáneas y las nuevas necesidades de eficiencia energética, orientada más a la restauración arquitectónica. Adaptando y preservando los objetivos técnicos, sociales y estéticos del Movimiento Moderno, movimiento que ha sido ligado, tanto en su concepción como desarrollo, al concepto de cambio.



Imagen 15: Afiche DOCOMOMO CHILE, 2014  
Fuente: www.docomomo.cl

En cuanto a la situación de Latinoamérica, la relevancia de la conservación de la arquitectura moderna motivó el desarrollo de diversos seminarios, destacándose el realizado en Ciudad de México en el año 1993, junto al de Monterrey en el año 2002 y Brasil en 2013 lo cual *“nos permite vislumbrar la posibilidad de un cambio positivo en el terreno de la valoración de la arquitectura del siglo pasado”* (Noelle, 2004, párr.5)

Tras la creación de Docomomo Chile en el año 2004, se elaboró el plan de trabajo para poner en valor la arquitectura moderna nacional, en el cual se señala que *“la valoración que existe en Chile, a nivel de la sociedad en general, de la Arquitectura Moderna, se caracteriza por una dicotomía entre el reconocimiento académico y el desconocimiento público”* (Docomomo Chile). A pesar de esta problemática en la escena nacional, en la última década se ha visto un creciente desarrollo en los estudios sobre del tema, pero todavía de manera desarticulada y sin repercusiones efectivas en la acción pública. En otras palabras, todavía no se presentan acciones definidas para la conservación de gran parte de la arquitectura moderna. Si bien, a la fecha existen 25 obras protegidas<sup>6</sup>, de las cuales 13 son establecimientos educacionales como las escuelas concentradas de Talca o El Liceo Gabriela Mistral en Coquimbo, lo cual muestra un avance, faltan obras por proteger, restaurar y declarar.

Sin embargo, la revista N°68 *“Patrimonio de Chile”* catalogó a las obras del movimiento moderno como Arquitectura de Excelencia destacando la cercanía de su arquitectura a las personas, sus necesidades y formas de habitar, capaz de otorgarles una excelente calidad de vida y además de configurar las ciudades; los avances y conceptos desarrollados bajo este

movimiento, no sólo responden a una categorización temporal si no a pretensiones de un cambio desafiante en los paradigmas y la configuración de la arquitectura. Es por eso que para la conservación de la arquitectura moderna nacional se hace necesaria la continuidad de los estudios en esta materia, sobre todo entendiendo el factor del tiempo como una amenaza, ya que *“la herencia arquitectónica del Movimiento Moderno corre hoy mayor riesgo de desaparecer, más que en ningún otro período, debido a su edad, a la frecuente innovación tecnológica con la que fuera realizada, al cambio en las funciones para las cuales fuera diseñada y debido al clima cultural imperante”* (Docomomo Chile, 2011).

La principal innovación arquitectónica de la primera mitad de siglo XX en los establecimientos educacionales, fueron las técnicas aplicadas a materiales más bien tradicionales. En la búsqueda de solidez estructural los muros articularon obras de un gran peso visual, pero a la vez con una austeridad característica y una funcionalidad que preponderaba a la racionalidad. De esta manera y con el apoyo de la industria del hormigón, se generó en el imaginario colectivo una percepción de perpetuidad o casi indestructibilidad de la arquitectura de esta primera etapa. *“El desarrollo de tratamientos “sin mantenimiento”, como los recubrimientos para edificios de concreto, por lo general, puede crear nuevos problemas al introducir ciclos de mantenimiento adicionales para mantener el tratamiento. Los problemas específicos que se relacionan con el ciclo de vida de los materiales modernos plantean nuevos problemas que requieren soluciones creativas. La interpretación errónea de que los edificios y las estructuras modernas eran de bajo mantenimiento agravó mucho los problemas de materiales y de construcción mencionados anteriormente. Muchos edificios del siglo XX no han resistido bien la prueba del tiempo y su incapacidad de envejecer con gracia ha desafiado principios de conservación fundamentales como “hacer lo menos*

6 Ver ANEXO C: OBRAS PROTEGIDAS POR EL CONSEJO DE MONUMENTOS NACIONALES



**Imágenes 16, 17, 18, 19 y 20:** Rehabilitación escuela Ignacio Serrano, Grupo Escolar Melipilla  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

posible” y “reversibilidad”.” (Macdonald, 2009, pág. 3) Las obras no tuvieron la mantención necesaria, por lo que es muy probable, que se encuentren cerca del fin de la vida útil del hormigón armado, esto se ha incrementado gracias a los nuevos requerimientos sísmicos y de uso, el deterioro constructivo, el abandono o la obsolescencia espacial relacionada con los cambios socio-culturales.

Los casos más representativos de las problemáticas citadas en el párrafo anterior son los siguientes<sup>7</sup>:

**Abandono:** Escuela básica Reino de Noruega y Liceo Experimental artístico, Quinta Normal, 1938.

**Pérdida de valor:** Grupo escolar de Barón (1941) Valparaíso y Grupo Escolar de San Antonio (1948)

Si bien los temas de conservación y mantenimiento por daños relacionados a la antigüedad de los establecimientos son importantes, no son los prioritarios, ni los más problemáticos. Teniendo en cuenta la sismicidad de nuestro territorio, las fallas estructurales por sismos son un peligro al que debemos enfrentar con medidas preventivas. Existen establecimientos que han presentado fallas posteriores a eventos sísmicos, ejemplo de esto son los 1.635 establecimientos que sufrieron algún tipo de daño, de un total de 2.304 catastrados posterior al sismo del 3 de marzo de 1985 dentro de la zona centro del país (*Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos, 1985*). En base a los acontecimientos ya ocurridos y como lección aprendida se puede establecer que:

7 Según información y clasificación expuesta en el artículo "Infraestructura Escolar Pública. Historia, Patrimonio y Deuda" por Soledad Valdivia y Claudia Torres (2016).

- Si un establecimiento presentó daños frente a un sismo pasado es muy probable que presente daños en sismos futuros si no ha sido reforzado estructuralmente.
- De la misma manera se puede establecer que si un establecimiento presentó daños, pueden existir otros establecimientos de similares características morfológicas que también los presenten en sismos futuros.

Evidencia de esto es el caso de la escuela Ignacio Serrano del grupo escolar Melipilla que debió ser rehabilitada posterior al Sismo del 27 de Febrero del 2010 o la Escuela Concetrada de Talca, la cual es actualmente parte de la cartera de proyectos de rescate patrimonial del MOP VII Región, siendo afectadas por el mismo terremoto y demostrando que existe un grado de vulnerabilidad en los inmuebles incrementando el riesgo frente a una posible actividad sísmica futura.

Los argumentos expuestos anteriormente relacionados a los daños de diferente origen que pueden presentar los establecimientos, influyen directamente en el aumento de su vulnerabilidad.





Imagen 21 22 y 23: Escuela concentrada de Talca posterior a terremoto del 2010  
Fuente: <https://revistaperspectiva.cl/reportaje>

## 2.2 EDUCACIÓN Y ARQUITECTURA EN CHILE

A principios del siglo XIX, en el contexto de un país donde los estratos sociales eran marcados y muy pocos podían acceder a la educación y donde los índices de analfabetismo eran altos, la educación comenzó a ser considerada una función del Estado llegando a incluir nociones básicas dentro de la Constitución de 1833, específicamente en el artículo 153 y 154<sup>1</sup>. El primer indicio de legislar la educación en Chile fue durante el siglo XIX, principalmente entre 1840 y 1860 etapa fundadora del sistema de educación primaria, posteriormente formalizando esta necesidad con la Ley General de Instrucción Primaria (1860), la que garantizaba gratuidad en la educación primaria y responsabilizaba al Estado como sostenedor, orientando sus objetivos hacia “La creación de un sitio disciplinado y ordenado, segregado del mundo familiar y vecinal, a través de normas que definían el uso del espacio y el tiempo por parte de alumnos y preceptores (...) separando a los alumnos en cursos y niveles, imponiendo horarios. Con la finalidad de formar preceptores capacitados para enseñar, se crearon Escuelas Normales en todo el país.” (BNC, Memoria chilena, 2018).

Desde la concepción de Chile como una “república”, se promovió la educación formal, con lo cual algunos hitos importantes tuvieron fecha desde 1888 con la creación de la Dirección de Arquitectura del Ministerio de Industria y de Obras Públicas, que desarrolla los primeros “planos tipo” para escuelas rurales. Años después, la promulgación de la Ley N°3.654 de Instrucción Primaria Obligatoria en 1920, se modificó

1 **Art. 153.** La educación pública es una atención preferente del Gobierno. El Congreso formará un plan general de educación nacional; i el Ministro del Despacho respectivo le dará cuenta anualmente del estado de ella en toda la República.

**Art. 154.** Habrá una superintendencia de educación pública, a cuyo cargo estará la inspección de la enseñanza nacional, i su dirección bajo la autoridad del Gobierno.

**Fuente:** BCN <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=137535>

mediante la Reforma Educacional de 1965.

Posteriormente, en 1865 se permite que por Ley, quienes no profesan la religión católica pueden fundar y/o sostener establecimientos educacionales y en 1879 se dictó la ley que organizó la “Instrucción Primaria y Secundaria” creándose además el “Consejo de Educación Pública”. Esto potenció que, en 1880 personajes como Valentín Letelier, Claudio Matte y José Abelardo Núñez, influyeran en la formación y los métodos pedagógicos aplicados en Alemania y Francia aportando principalmente a la base programática del sistema de instrucción primaria.

En 1927 con el mandato de Carlos Ibáñez del Campo, se creó el Ministerio de Educación Pública separándolo del anterior Ministerio de Justicia e Instrucción Pública, esta autonomía entregada favoreció el desarrollo estatal de la educación, sobre todo en el posterior gobierno de Pedro Aguirre Cerda (1938-1941) bajo el lema “Gobernar es educar”; las iniciativas de este periodo continuaron en la administración de Juan Antonio Ríos (1942-1946) con el *Plan de Renovación Gradual de la Enseñanza Secundaria*, incorporando nociones de “plan común”, “plan variable”, “plan complementario” y “liceo experimental”. En su segundo mandato, (1952-1958) Ibáñez continuó su contribución a la educación dictando el DFL N°246 organizando a la Subsecretaría de Educación, las Direcciones Generales y los Servicios dependientes del Ministerio de Educación. Además, se aplicaron nuevas nociones como la educación humanista, la enseñanza parvularia, la formación pedagógica, el perfeccionamiento docente, la descentralización educacional y la educación nacional. A finales de este periodo de desarrollo educacional (entre fines del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX) con gobierno de Frei Montalva (1964-1970) se puede decir que el Estado planificó y organizó el sistema de educación pública.

Arquitectónicamente la educación formal chilena estuvo ligada en sus inicios a otras actividades como el culto ya que compartían el mismo edificio, a mediados del siglo XIX un tercio de los locales escolares pertenecían a congregaciones, como dan cuenta Valdivia y Torres (2016), el resto pertenecía al Estado, sin embargo funcionaban en grandes viviendas arrendadas. Pese a los avances en temas legislativos ligados al desarrollo de la enseñanza, la infraestructura de los establecimientos fue poco priorizada, es así como a principios de 1930 la demanda escolar sobrepasaba de gran manera las precarias y poco salubres instalaciones educacionales a lo largo del país, es en este contexto que el Estado en 1936 decidió crear una entidad encargada de llevar a cabo un plan de edificación escolar, fundándose así las Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales en 1937.

Durante el siglo XX la aplicación del Estado docente hizo que éste impulsará distintos mecanismos para promover la educación en Chile, sin embargo, éstos se vieron interrumpidos por el periodo de dictadura, donde se desmanteló el Estado docente y se descentralizó la educación a través de la municipalización desde 1980, lo que ha influido en el desarrollo de la dinámica educacional desde los '90. Estos procesos socio-políticos derivan muchas veces en cambios en el diseño arquitectónico de los establecimientos educacionales, ya sea por la necesidad de albergar más alumnos, modificaciones en la jornada escolar o la aplicación de métodos pedagógicos distintos a la comúnmente utilizada cátedra, uno de los cambios más recordados de la última generación y que influyó directamente en la arquitectura educacional es la aplicación de la jornada escolar completa bajo la Ley 19.532 de 1996, lo que conllevó a la ampliación de la infraestructura escolar.



**Imagen 24:** Celebración de la promulgación de la Ley de Instrucción Primaria Obligatoria, 1920  
**Fuente:** Archivo fotográfico Museo de la Educación Gabriela Mistral

## SOCIEDAD CONSTRUCTORA DE ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

Como se evidenció anteriormente, el desarrollo de la educación en Chile fue una de las prioridades del Estado, desarrollando a través de los años una cuantiosa cantidad de normativas y leyes en temas educacionales, tanto sanitarios como constructivos. Es en este contexto que las entonces casonas adaptadas o la infraestructura perteneciente a congregaciones religiosas comenzaron a ser cada vez menos apropiadas para el desarrollo de la educación formal *“La expansión educacional (entre 1875 y 1915 el número de escuelas fiscales creció de 818 a 2.920 y la matrícula lo hizo de 65.875 a 308.113 niños) permitió que la administración pública comenzara a experimentar un período de crecimiento sostenido que modificó su estructura, funciones, campo de acción y composición social (la emergente clase media comenzó a incorporarse al Estado) lo que, sin embargo, no hizo más que multiplicar la influencia y el poder de la élite dirigente...”* (Carimán, 2012, p.33) Por ello, el Estado se vio en la necesidad de contar con una organización capaz de diseñar y/o construir las edificaciones necesarias para la creciente demanda, es así que en 1937 con la promulgación de la Ley N°5989 se da origen a la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales (SCEE) bajo un modelo de capital público-privado, la cual es encargada de llevar a cabo un plan anual de edificación escolar previamente aprobado por el presidente de la República. Inicialmente la SCEE funcionaría por 30 años, los cuales terminaron siendo 50 años ya que *“hacia 1978 se suspenden los aportes fiscales para la sociedad y en 1980 se comienzan a traspasar los locales escolares a las autoridades municipales de cada región del país, junto con la administración y las nuevas construcciones. En 1987 se pone fin a 50 años de funcionamiento de la SCEE”* (Torres, Valdivia, & Atria, 2015, p.14).

En 1944 la LEY 7869 fija el objetivo de la SCEE, que consiste en:

- Construcción de establecimientos educacionales

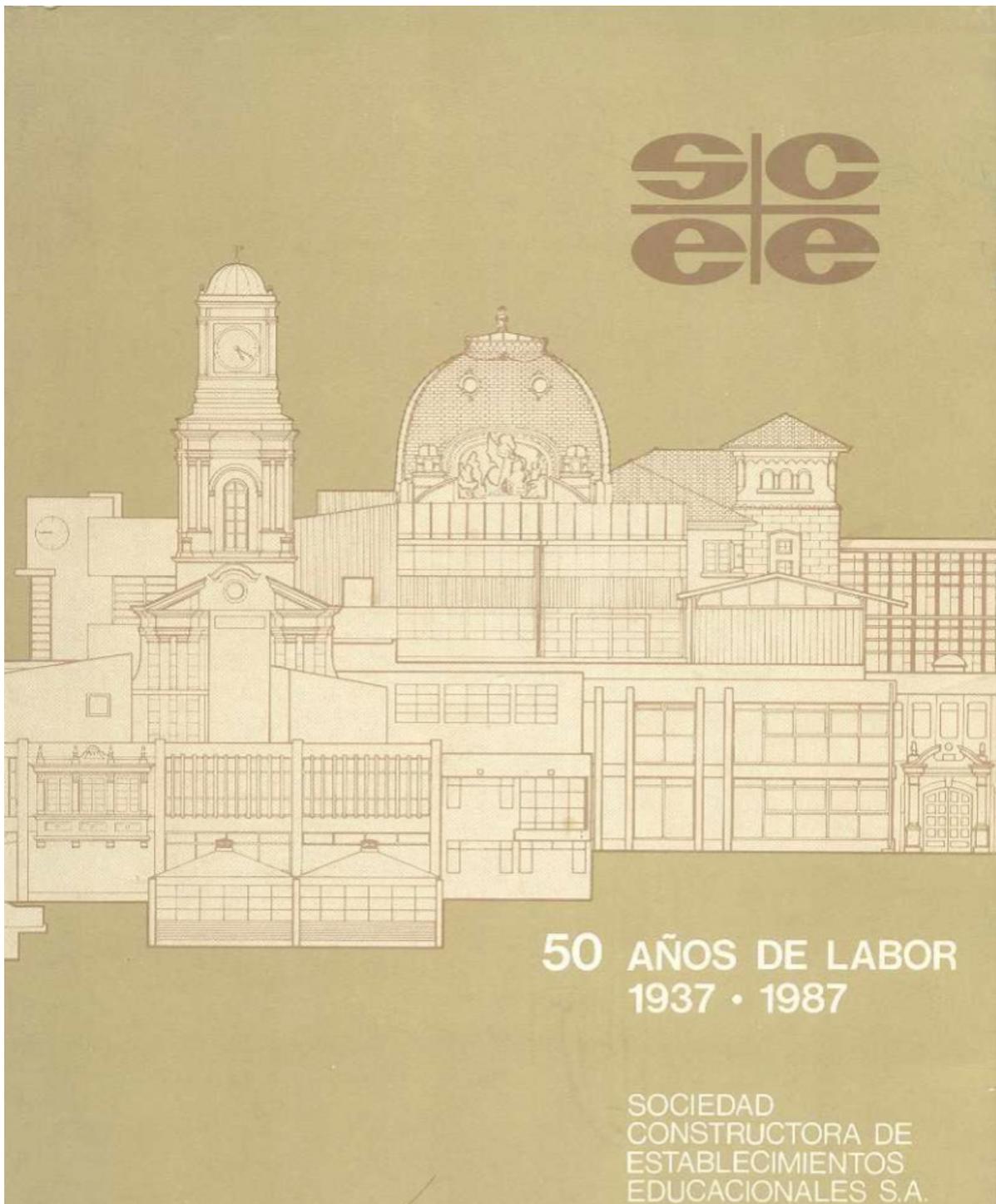
de todo orden.

- Conservación y reparación de locales edificados por la SCEE
- Adquisición de edificios para habilitación como locales escolares
- Adquisición y dotación de mobiliario y equipamiento para los edificios que la SCEE construya.

En cuanto al diseño arquitectónico y la espacialidad de los recintos, vemos que para la SCEE la funcionalidad era fundamental, es decir, *“[...] el acto educativo se ha concebido como “clase magistral”, lo que se traduce en términos de espacio como sala de clases”* (SCEE S.A., 1987, p.9). La sala de clases era la “unidad de obra” del espacio educativo, lugar donde se transmiten los conocimientos, una agrupación de salas de clases junto a espacios complementarios como patios, circulaciones, oficinas, entre otros, forman el local escolar.

La evolución de la concepción de los espacios en un local escolar estuvo directamente ligada al movimiento moderno, implementando conceptos como: funcionalidad, higiene, asoleamiento, iluminación, ventilación, cubo de aire y conexión con el resto del local. A mediados del siglo XX, el desarrollo de la arquitectura moderna en Chile fue cambiando, en parte, producto de un cambio generacional de los arquitectos, en este caso en particular de los profesionales de la SCEE<sup>1</sup>. Lo anterior, relacionado a los avances de la arquitectura escolar, influía no solo en su concepción espacial, sino también en la implementación de nuevos materiales y tecnologías,

<sup>1</sup> Ya fallecido Monckeberg, a fines de los 60' Aracena comienza delegar responsabilidades de a poco en German Hidalgo, Juan Benavides y Alfredo Junemman, contratándose a una cantidad no menor de nuevos arquitectos



**Imagen 25:** Portada de publicación que compila los 50 años de labor  
**Fuente:** SCEE S.A.

adoptando criterios de modulación y prefabricación mediante diferentes sistemas según el nivel de desarrollo local, todo en busca de dar respuesta al plan educativo estatal de la época *"Esta modelación arquitectónica se llevó a cabo mediante el diseño de obras tipológicas de diversos formatos que van desde las pequeñas escuelas rurales, a grandes conjuntos urbanos, todas acordes a su contexto"* (Valdivia y Torres, 2016, p.5).

Lo expuesto en el párrafo anterior sumado al contenido del compendio de 50 años de labor publicado por la SCEE, se evidencia un cambio, considerarlo como la base para dividir el tiempo de existencia de la SCEE en tres etapas, en la primera se desarrollaron proyectos singulares u obras unitarias con innovaciones espaciales y de relación programática de los recintos de los establecimientos llevados a cabo por la SCEE dirigida por José Aracena junto a Gustavo Mönckeberg, desde 1937 a 1960. Una segunda etapa corresponde a proyectos a cargo de José Aracena, considerando ésta como una etapa de transición entre 1960 y 1965 ya que se comienzan a diseñar los proyectos tipo comenzando por una menor escala en escuelas rurales; Por último la etapa de prefabricación y estandarización desarrollada entre finales de 1965 y 1987, por varios arquitectos, generando un cambio generacional y aplicando en muchos casos el acero como principal material.

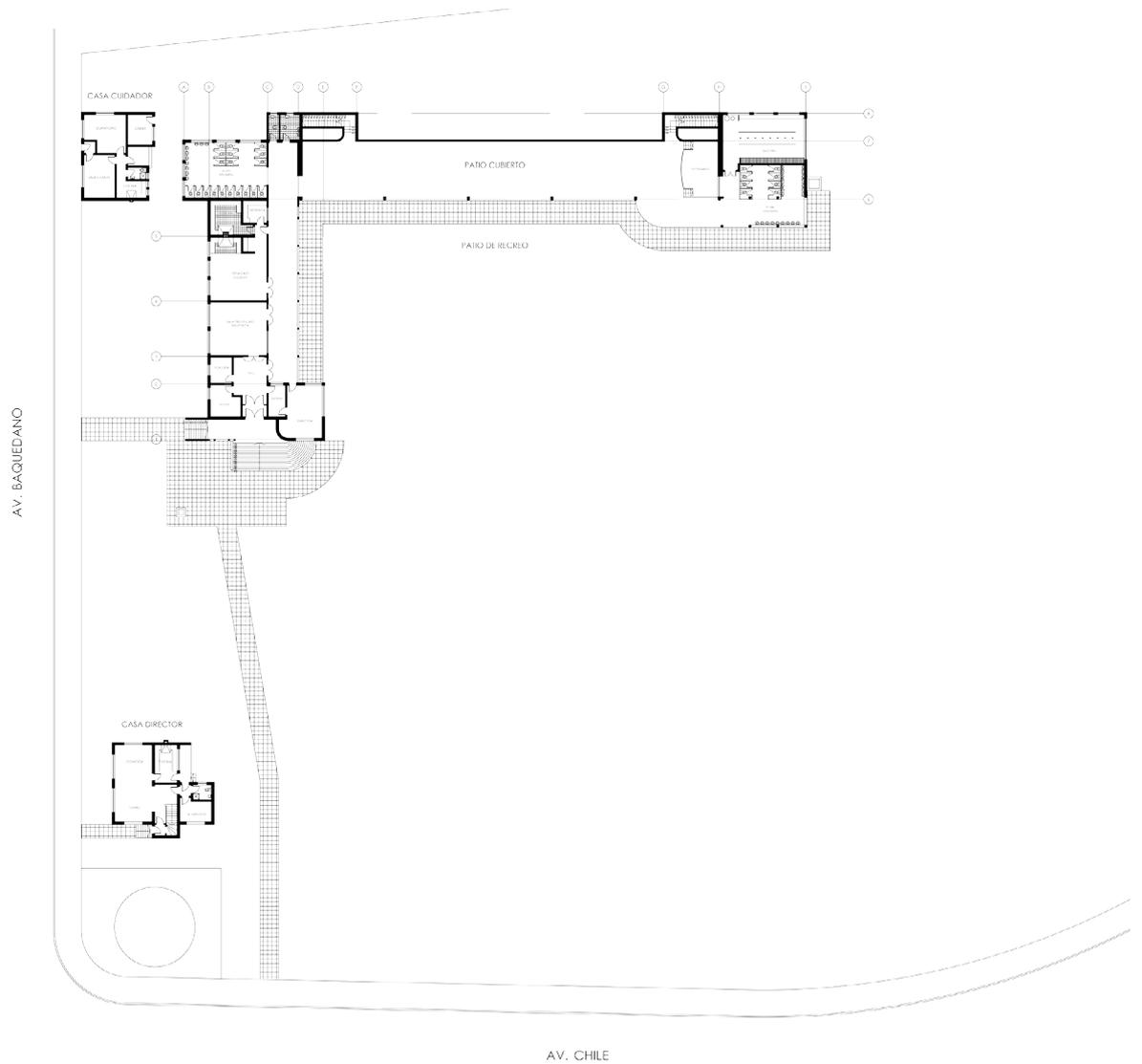
En relación a lo anterior, se fija el periodo de estudio entre 1937 y 1965 por dos principales razones:

- El recambio generacional de arquitectos hacia el fin de la etapa de estudio propuesta.
- El fin de la etapa de transición por la consolidación de la construcción en base a la prefabricación, de los establecimientos; es decir el cambio

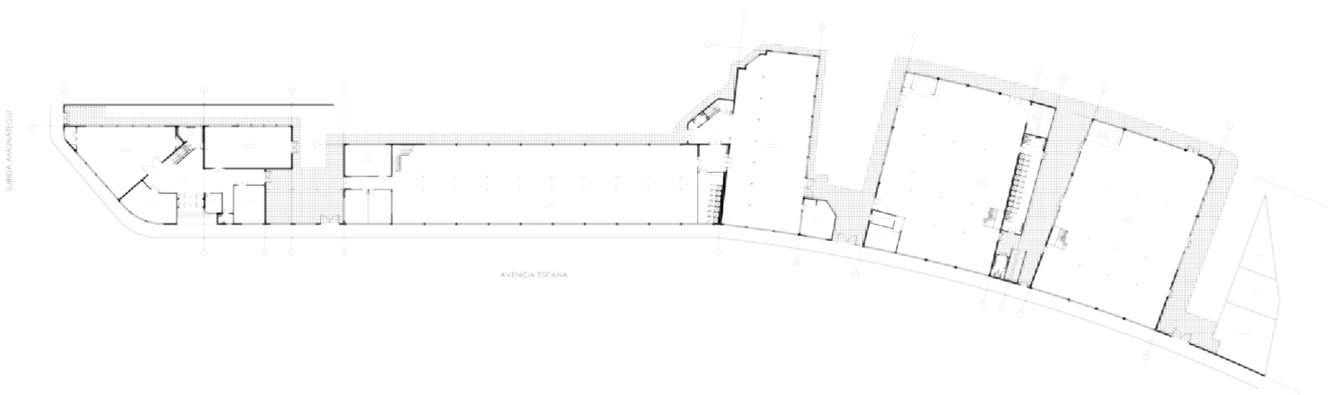
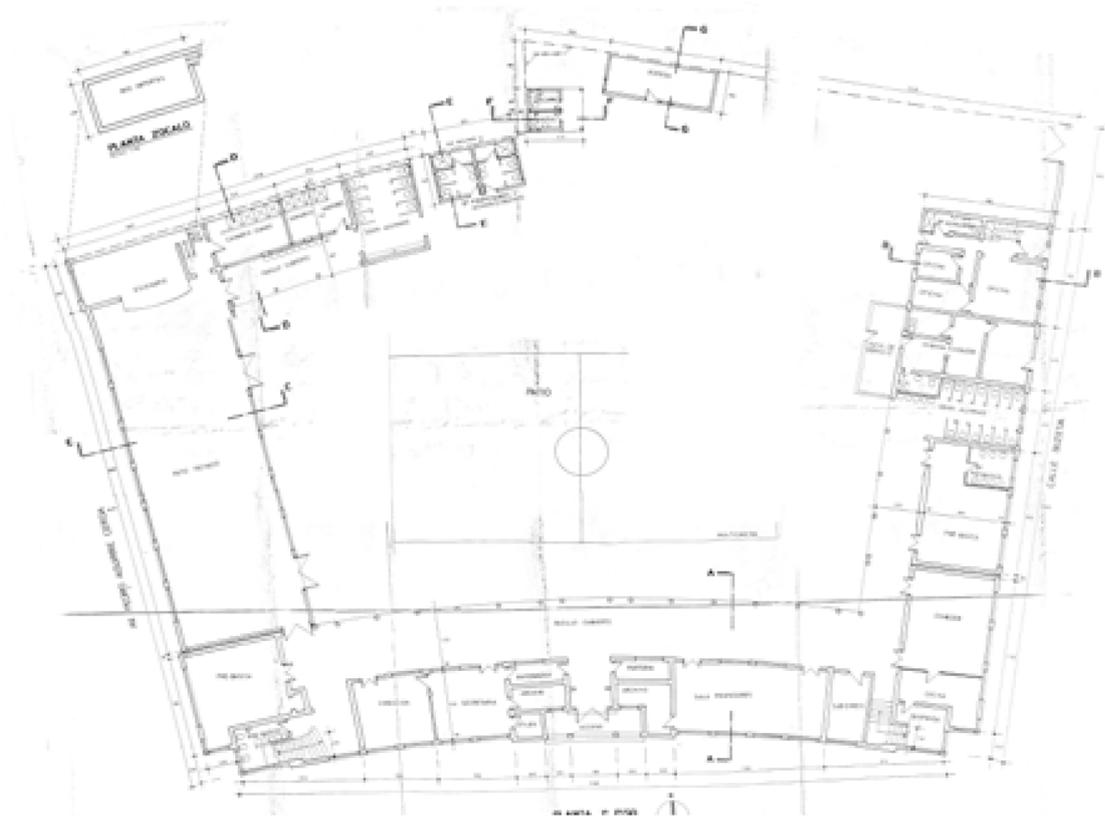
de obras singulares a tipologías en relación al diseño arquitectónico y estructural de los establecimientos.

La SCEE desarrolló establecimientos educacionales clasificables dentro de todos los tipos establecidos por la Ley de Instrucción Primaria de 1920 (Elementales, superiores y vocacionales) mediante sus Escuelas Básicas, Escuelas Superiores o Grupos Escolares y Liceos. Estos tipos de establecimientos fueron diseñados y construidos racionalmente de acuerdo al nivel educacional, la cantidad de población infantil educable, la accesibilidad del recinto y las oportunidades de la industrialización con las escuelas TIPO. La mayoría de los establecimientos educacionales de la SCEE contaban con salas de clases moduladas de un mismo tamaño, con un corredor que las articulaba y conectaba con los recintos de servicio como baños, duchas, biblioteca, patio y otros, además de una casa para el director o cuidador dentro del recinto escolar.

Las siguientes imágenes grafican la distribución en planta de las principales tipologías arquitectónicas desarrolladas por la SCEE entre 1937 y 1965.



**Imagen 26:** Planta general Escuela básica España de San Antonio, 1951.  
**Fuente:** Archivo FONDECYT



**Imágenes 27 y 28:** Planta primer piso Escuela Superior Pedro Aguirre Cerda, 1946 (Arriba) Planta Escuela industrial de Valparaíso, 1956 (Abajo)  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

La presente tabla resume los aspectos generales más característicos de los establecimientos escolares desarrollados por la SCEE en el periodo de estudio (1937-1965).

La SCEE, según sus registros (SCEE, 1987) fue la encargada de desarrollar 3.836.799 m<sup>2</sup> a lo largo del territorio nacional además de aportar con investigaciones, innovaciones tecnológicas (tanto en materiales como en prefabricación) y de diseño del espacio educativo y los establecimientos educacionales públicos en sus 50 años de labor, el diseño de sus obras era metódico, racional y documentado, por lo que las tipologías de los establecimientos diseñados por la SCEE son una especie de sello que los distingue de otros.

Según Ley N°3.654	Según SCEE	Emplazamiento	Mixtas	Por género	M <sup>2</sup> aprox del aula	Otros recintos adicionales a la tipología anterior	Casa del director	Distribución en planta
Elementales	Escuelas Rurales "Tipo"	Zonas rurales.	x					L
	Escuelas Básicas	Periferia urbana, zonas semi urbanas y rurales consolidadas	x	x	49 a 53	Camarines, biblioteca y talleres.	x	L, U
Superiores	Escuelas superiores	Zonas urbanas.	x	x	50 a 55	Canchas y en algunos casos, servicio médico-dental	x	L, U
	Grupos Escolares	Principales ciudades de cada provincia.		x		Salón de actos.	x	Tipologías diferentes usando generalmente una manzana.
Vocacionales	Liceos Científico Humanista	Principales ciudades de cada provincia.		x		Gimnasio con graderías, varias oficinas y servicio médico-dental.		L, U en dos niveles
	Liceos Técnicos	Urbana o rural, según especialización	x	x	En general dependen de la especialización según sea agrícola, industrial o comercial, sin embargo, se asemejan bastante a los liceos científicos/ humanistas, sumando salas de taller.			

**Tabla 2:** Resumen elaborado en base a la información recopilada y desarrollada en el documento fuente **Fuente:** Torres, Valdivia & Atria, 2015

## 2.3 SISMICIDAD

### CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA NACIONAL

Los terremotos son manifestaciones súbitas de energía que causan movimientos en la superficie terrestre, según el Centro Sismológico Nacional (CSN) se clasifican en tres principales grupos, según origen: "Terremotos por contacto de placas, Terremotos intraplaca o Terremotos corticales". En Chile la gran mayoría de los eventos sísmicos ocurren por contacto de placas, específicamente por subducción, es decir, existe una zona donde la convergencia entre las placas es de tal naturaleza que una empuja deslizando bajo a otra "la placa de Nazca, constituida por corteza oceánica, más densa, se desliza por debajo de la placa Sudamericana. La velocidad de convergencia es de 8 a 9 cm/año. En general, estas placas están "trabadas", acumulando energía hasta que finalmente, esta energía es liberada causando un terremoto" (U. de Chile CSN).

Los terremotos se miden principalmente en dos escalas la de Richter y la de Mercalli modificada, esta última "Es una escala de doce grados que mide la intensidad registrada en un lugar específico. Para un mismo temblor habitualmente se reportan varias intensidades las en general decrecen a medida que la distancia epicentral aumenta"(U. de Chile CSN); mientras que la primera es una escala abierta por ambos lados y mide la magnitud (cantidad de energía liberada en forma de ondas) de sismo en su epicentro, para la cual existe solo un valor, sin embargo, esta escala se satura con valores altos, por lo que ha sido reemplazada en varias ocasiones por una escala logarítmica que permite medir y comparar terremotos de grandes proporciones, **La escala sismológica de magnitud de momento (MW)**, El Centro Nacional de Información Sísmica (National Earthquake Information Center), dependiente del Servicio Geológico de los

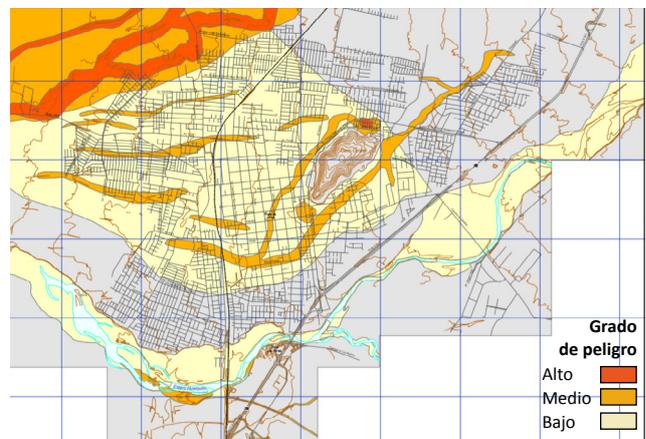
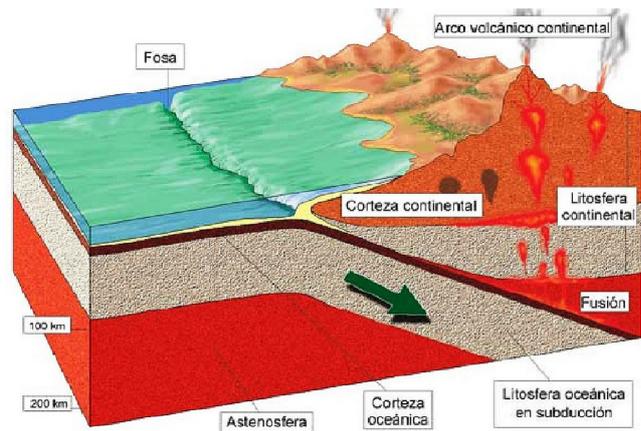
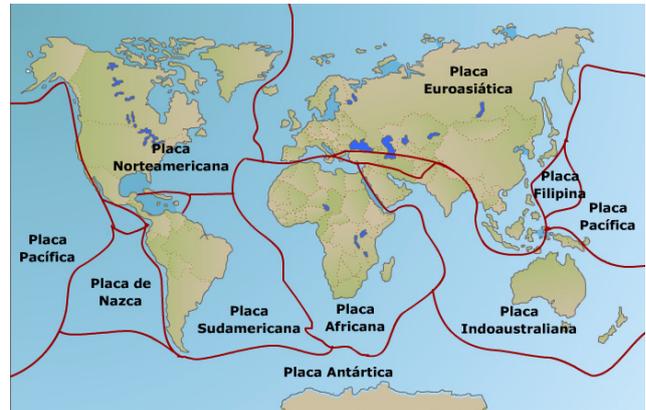


Imagen 29: Mapa de las placas tectónicas terrestres

Fuente: Plataforma Educativa Aragonesa

Imagen 30: Subducción de placas tectónicas

Imagen 31: Evaluación preliminar de peligros geológicos en Curicó (licuefacción)

Fuente 30 y 31: SERNAGEOMIN

Estados Unidos, usa esta escala para la medición de terremotos de una magnitud superior a 6,9. Teniendo en cuenta la alta actividad sísmica de nuestro país, los sismos precedentes de altas magnitudes y la información expuesta, es que se considerarán para la presente investigación sismos sobre 7.0 Mw

La configuración tectónica del país genera terremotos con cierta reguaridad (en algunas zonas más que en otras) a lo largo del territorio nacional, por lo que el desarrollo de normas, estudios e información de acceso público es indispensable. En base a esto el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) ha desarrollado estudios de peligro sísmico representados en mapas que *"clasifican el territorio<sup>1</sup> de acuerdo con la intensidad que alcanzaría el movimiento del terreno durante un determinado sismo, mostrando además las zonas que podrían verse afectadas por el fenómeno de licuefacción<sup>2</sup>"* (SERNAGEOMIN, 2018)

Para efectos de prevención, diseño e investigación, entre otros, el territorio nacional es dividido en tres zonas por la Norma sísmica desde su sustitución en 1996 (post terremoto de 1985) según su exposición a una amenaza sísmica directa o derivada como un maremoto. Considerando a la zona 1 como la menos riesgosa y a la 3 como la más riesgosa, ya que la zona 3 corresponde al borde costero, sector que se encuentra más expuesto a la subducción de placas, efectos de un maremoto y mayor probabilidad de presentar riesgos

1 Hasta el mometo se han desarrollado mapas de as ciudades de: Iquique, Antofagasta (región), San Antonio, Santiago, Curicó, Lebu, Arauco, Lota, Concepción, Caleta Tubul, San Pedro de la Paz, Talcahuano, Penco, Chiguayante, Valdivia y Osorno.

2 Comportamiento de suelos que, estando sujetos a la acción de una fuerza externa (carga), en ciertas circunstancias pasan de un estado sólido a un estado líquido, o adquieren la consistencia de un líquido pesado ([https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n\\_de\\_suelo](https://es.wikipedia.org/wiki/Licuefacci%C3%B3n_de_suelo))

geológicos ligados a la presencia de zonas húmedas, acumulación subterránea de agua y tipos de suelo pobre. Por lo tanto esta variable será considerada en la selección de casos, eligiendo establecimientos ubicados en la zona sísmica 3 de su territorio regional evaluando los casos que teóricamente debieran arrojar un resultado menos favorable.

La NCh433.Of96 además clasifica y caracteriza los tipos de suelos, los cuales se considerarán en la evaluación de la vulnerabilidad de los casos, sin embargo los instrumentos del SERNAGEOMIN fueron diseñados previo a la modificación realizada a la Norma Sísmica el año 2012, por lo que se utilizará la clasificación de suelos antigua para asegurar una buena utilización de los mapas, de todas maneras se asocia paralelamente la clasificación actual se suelos en la siguiente tabla:

Clasificación Tipo previo Mod. 2012	Características del suelo	Clasificación Tipo post Mod. 2012
I	ROCA	A
II	Roca blanda, grava o arena densa, suelo cohesivo	B
III	Grava o arena no saturada	C
IV	Suelo cohesivo saturado	D
No aplica	Arena y suelos finos	E
Especiales	Suceptibles a liucefacción o singulares en su comportamiento mecánico	F

**Tabla 3:** Comparación en la clasificación de tipos de suelo previo y post modificación de la NCh433.Of96

**Fuente:** Elaboración propia

## LA ACTIVIDAD SÍSMICA COMO AMENAZA DE LA ARQUITECTURA NACIONAL

El primer terremoto que se registra en la historia de Chile fue en Concepción el 8 de Febrero del año 1570, luego de aquel varios sismos azotaron el país, *“Con el terremoto del 15 de Agosto de 1906, que asoló el centro del país, se vio la necesidad de crear un Instituto que estudiara estos fenómenos, y el señor Valentín Letelier, Rector de la Universidad de Chile, en sesión del Consejo de Instrucción Pública, el 9 de Noviembre de 1906, propuso la creación del Servicio Sismológico, el cual quedó establecido por decreto el 9 de Junio de 1908”* (Ver Boletín 1906-07-08, p.190). Posteriormente se le llamó Observatorio Sismológico, en 1942 Instituto Sismológico y actualmente Centro Sismológico Nacional (CSN).

Según datos del CSN, entre el 8 de febrero de 1570 y el 25 de diciembre de 2016 se registraron 113 sismos con una magnitud igual o superior a 7.0 Ms a lo largo del territorio nacional. Para contextualizar la realidad sísmica nacional se investigaron los epicentros de cada sismo y se agruparon temporalmente y por región en la línea de tiempo desarrollada, sin embargo, para efectos de sustentar la presente investigación se tomarán en cuenta como antecedente los eventos sísmicos de magnitud superior a 7.0Ms entre los años 1937 y 2018, específicamente **56 terremotos**, siendo el 18 de abril de 1939 en Cauquenes<sup>1</sup> el primero y el 25 de diciembre de 2016 al sur de la Isla Grande de Chiloé<sup>2</sup> el último, distribuidos a lo largo del país graficándolos en un mapa que muestra los epicentros de los sismos mencionados, como se puede observar en la Imagen 32. De acuerdo a la tabla que acompaña a la imagen, podemos observar que:

- La actividad sísmica desde el año 1937 ha estado presente a lo largo de todo el país exceptuando las Regiones de Aysén y la actual Región del Ñuble
- Desde 1937 a la actualidad se han presentado 9 terremotos con magnitud superior a 8.0 Mw/Ms.
- Las regiones con mayor cantidad de eventos sísmicos se encuentran en la zona norte (Antofagasta, Tarapacá y Atacama)
- Las regiones con los sismos de mayor magnitud se encuentran en el sur (Bio- Bio y Los Lagos)
- Las zonas con mayor población del país (Como la Región Metropolitana, del Bío Bío y Valparaíso), han sido afectadas por al menos un terremoto con magnitud sobre 8.0 Mw.

La línea de tiempo plegable que acompaña este sub-capítulo, grafica los sismos registrados desde principios del siglo XX en la parte superior, mientras que en la parte inferior muestra el desarrollo legislativo tanto a nivel técnico-constructivo como teórico que ha influido de alguna manera en el avance de la arquitectura educacional nacional. En la figura podemos ver que durante el periodo de estudio (1937-1965) la población se vio enfrentada a 3 sismos de gran magnitud, situación que derivó en un desarrollo normativo periódico que se intensificó a finales de los '80. Respecto a los cambios teóricos vinculados a la educación encontramos avances constructivos asociados a la creación de la SCEE durante su labor, como son la implementación de tipologías constructivas y posteriormente cambios de infraestructura, materiales y tecnologías, al entrar en vigencia modificaciones teóricas respecto al desarrollo práctico de la educación.

1 Lat.-36.200 Long. -72.200 8.3 Ms Mayormente conocido como el "Terremoto de Chillán", sin embargo se ubicó su epicentro al sur-orienté de Cauquenes en la Región del Maule

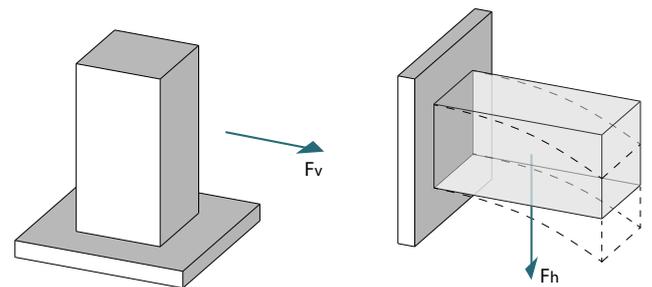
2 Lat.-43.517 Long.-74.391 7.6 Mw

La arquitectura responde a las solicitaciones sísmicas dependiendo de su diseño estructural y arquitectónico, los que se han ido regulando según el desarrollo de normas que muestra la línea de tiempo. A pesar de lo anterior, existen conceptos claves que influyen de gran manera en la respuesta sísmica de un edificio, por ejemplo, una de las principales responsables de evitar los golpes entre cuerpos estructurales durante un sismo son las juntas sísmicas, una forma de entender el funcionamiento de éstas según Teresa Guevara (2009, p.94-119) es la siguiente:

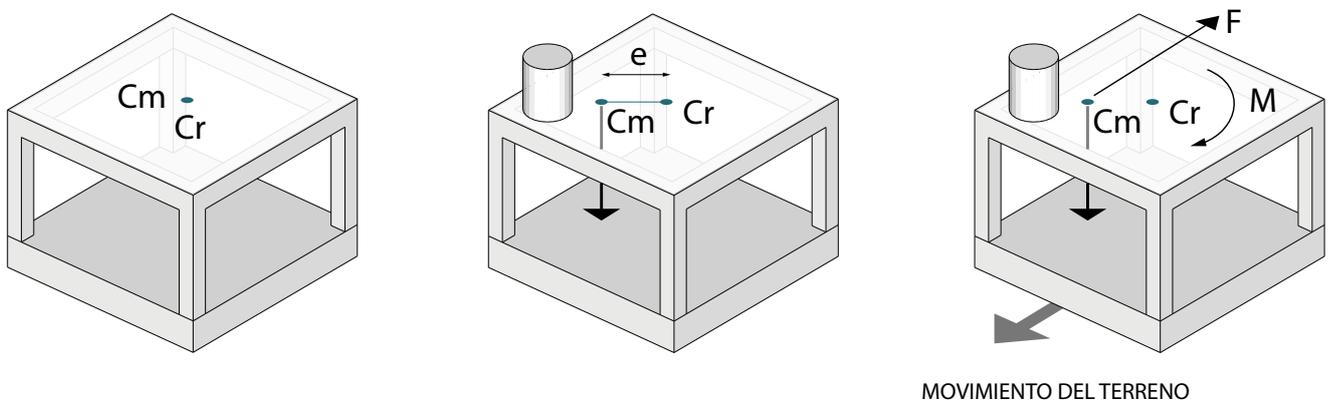
Los edificios pueden analizarse en altura como si se trataran de una viga en voladizo empotrada, bajo esta lógica si la estructura se ve sometida a una fuerza, la viga se flectará dependiendo de su rigidez y de la magnitud de la fuerza, a pesar de esto, se equilibrará en la base con un momento (imagen 33). Las juntas sísmicas buscan otorgar el espacio necesario para evitar que dos cuerpos estructurales contiguos que están siendo sometidos a fuerzas horizontales choquen antes de equilibrarse. es por esto que posterior a la revisión de casos, las juntas sísmicas son analizadas en base a criterios de diseño tanto del FEMA como de la NCh433.Of96.

Otro concepto clave es la rigidez de los cuerpos estructurales, en lo cual influye el sistema constructivo y la materialidad de los elementos verticales que conforman la estructura soportante, ya que en base a esto se genera un punto central de rigidez o resistencia, dicho esto también es importante nombrar el centro de masa que corresponde al punto donde se concentra el peso de un cuerpo; Cuando el centro de masa y rigidez no coinciden, existe excentricidad, lo que genera torción en la edificación si es sometida a esfuerzos horizontales (imagen 34).

Finalmente un aspecto importante es la clasificación tanto de suelo como de construcción en base a la materialidad y uso de las edificaciones que regulan la O.G.U.C. y la NCh433.Of96.



**Imagen 32:** Esquema de efecto de momentos flectores en un edificio  
Fuente : Guevara, 2009, p.94



**Imagen 33:** Esquema de excentricidad y torción en un cuerpo  
Fuente : Guevara, 2009, p.119.

<b>Reg. de Arica y Parinacota</b>	28/03/1965 7.4 Ms
08/01/1956 7.1 Ms	08/07/1971 7.5 Ms
08/08/1987 7.1 Ms	16/10/1981 7.5 Ms
	03/03/1985 8.0 Mw
<b>Reg. de Tarapacá</b>	
17/03/1943 7.2 Ms	<b>Reg. del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins</b>
01/12/1943 7.0 Ms	08/04/1985 7.5 Ms
25/04/1949 7.3 Ms	
13/06/1959 7.5 Ms	<b>Reg. del Maule</b>
29/11/1976 7.3 Ms	24/01/1939 8.3 Ms
13/06/2005 7.8 Ms	
01/04/2014 8.2 Mw	<b>Reg. del Ñuble</b>
	-
<b>Reg. de Antofagasta</b>	<b>Reg. del Bio Bio</b>
08/07/1942 7.0 Ms	19/04/1949 7.3 Ms
29/05/1949 7.0 Ms	06/05/1953 7.6 Ms
09/12/1950 8.3 Ms	21/05/1960 7.3 Ms
06/12/1953 7.4 Ms	22/05/1960 7.3 Ms
29/07/1957 7.0 Ms	19/06/1960 7.3 Ms
03/08/1962 7.1 Ms	01/11/1960 7.4 Ms
23/02/1965 7.0 Ms	10/05/1975 7.7 Ms
28/12/1966 7.8 Ms	27/02/2010 8.8 Mw
21/12/1967 7.5 Ms	
17/06/1971 7.0 Ms	<b>Reg. de La Araucanía</b>
05/03/1987 7.3 Ms	14/02/1962 7.3 Ms
30/07/1995 8.0 Mw	18/08/1974 7.1 Ms
14/10/1997 7.1 Mw	
14/11/2007 7.7 Ms	<b>Reg. de los Ríos</b>
	13/03/1967 7.3 Ms
<b>Reg. de Atacama</b>	
18/04/1939 7.4 Ms	<b>Reg. de Los Lagos</b>
02/08/1946 7.9 Ms	11/10/1940 7.0 Ms
08/02/1954 7.7 Ms	22/05/1960 9.5 Mw
17/12/1956 7.0 Ms	13/07/1961 7.0 Ms
03/08/1979 7.0 Ms	25/12/2016 7.6 Mw
04/10/1983 7.3 Ms	
	<b>Reg. de Aysén</b>
<b>Reg. de Coquimbo</b>	-
06/04/1943 8.3 Ms	<b>Reg. de Magallanes y la Antártica Chilena</b>
19/04/1955 7.1 Ms	17/12/1949 (2:53) 7.8 Ms
16/09/2015 8.4 Mw	17/12/1949(11:07) 7.8 Ms
	29/01/1950 7.0 Ms
<b>Reg. de Valparaíso + R Metropolitana</b>	
13/09/1945 7.1 Ms	

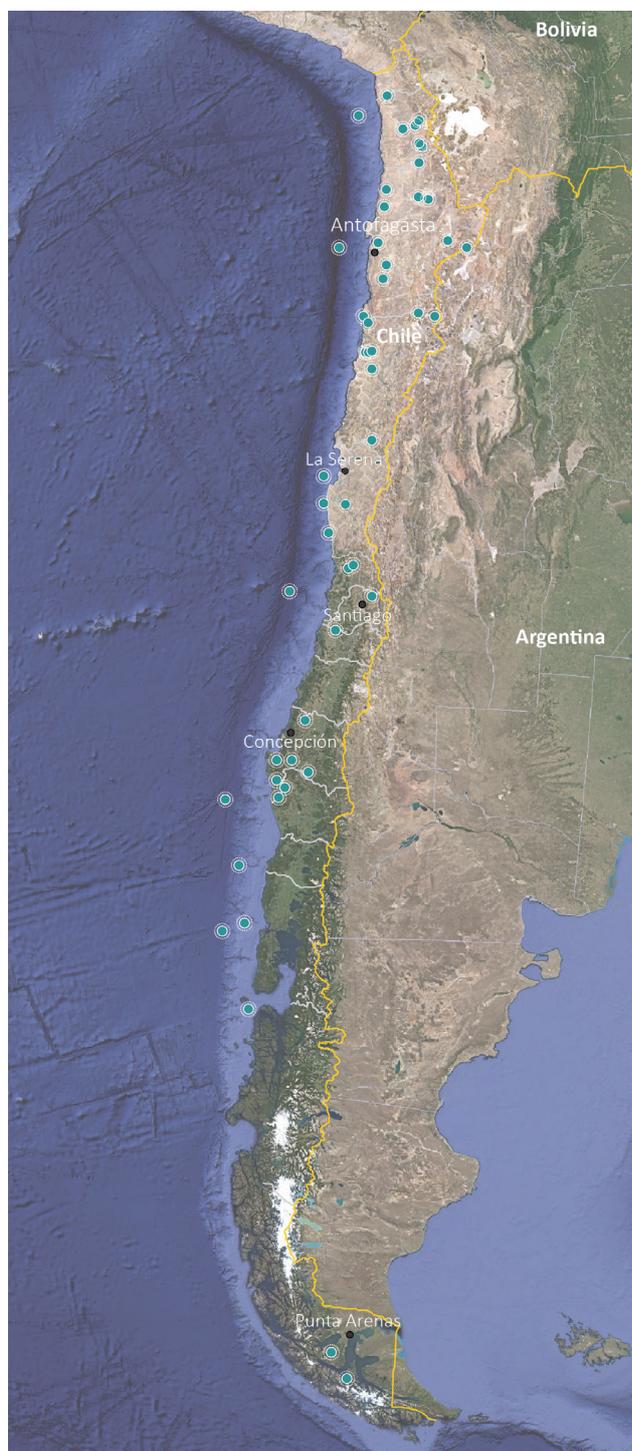


Imagen 34: Epicentros geolocalizados, organizados por Región y fecha en fotografía satelital  
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth



## DESARROLLO DE LA NORMATIVA CHILENA

Durante el desarrollo de la modernidad en Chile, se inició un proceso lógico de regularización y control de las obras a diseñar, con el objetivo de asegurar la vida útil de las construcciones. Es por esto que el estudio del desarrollo normativo bajo el cual se diseñaron y construyeron los establecimientos educacionales es importante, ya que si bien ninguno de los establecimientos analizados fue diseñado bajo la norma sísmica de 1972, los avances de las normas constructivas teóricamente debieron aportar a su sismoresistencia.

En Chile la Dirección de Obras de cada comuna es la encargada de fiscalizar y aplicar tres principales tipos de documentos legales que regulan la urbanización y las construcciones:

- **La Ley General de Urbanismo y Construcciones (L.G.U.C.):**

Creada en 1931, establece según su primer artículo “Es el cuerpo legal que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares en las acciones de planificación urbana, urbanización y las construcciones, que se desarrollen en todo el territorio de la nación” Estableciendo las condiciones mínimas y legislando el cumplimiento de su reglamento.

- **La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (O.G.U.C.):**

Según el segundo artículo de la L.G.U.C., este documento “Es el reglamento de la Ley General

de Urbanismo y Construcciones y contiene las disposiciones reglamentarias de la ley, regula los procedimientos administrativos, el proceso de la planificación urbana, la urbanización de los terrenos, la construcción y los estándares técnicos de diseño y construcción exigibles en la urbanización y la construcción”. En el caso de los establecimientos educacionales, define las condiciones mínimas de diseño espacial según distintos factores, clasifica los tipos de construcción según materialidad y además, en conjunto a la Ley, establecen las Normas a seguir según corresponda.

- **Normas de construcción:**

“Es un documento de conocimiento y uso público, aprobado por consenso y por un organismo reconocido. La norma establece, para usos comunes y repetidos, reglas, criterios o características para las actividades o sus resultados y procura la obtención de un nivel óptimo de ordenamiento en un contexto determinado” (Instituto Nacional de Normalización) existen dos principales tipos: las Normas Chilenas que son obligatorias y las Normas Técnicas que pueden ser referenciales u obligatorias, según el caso.

Para efectos de esta investigación y teniendo en cuenta la incidencia e importancia de las normas constructivas obligatorias, se incluirá dentro del marco teórico el desarrollo de éstas y sus diferentes cambios desde su creación, teniendo en cuenta la antigüedad de los establecimientos a analizar.

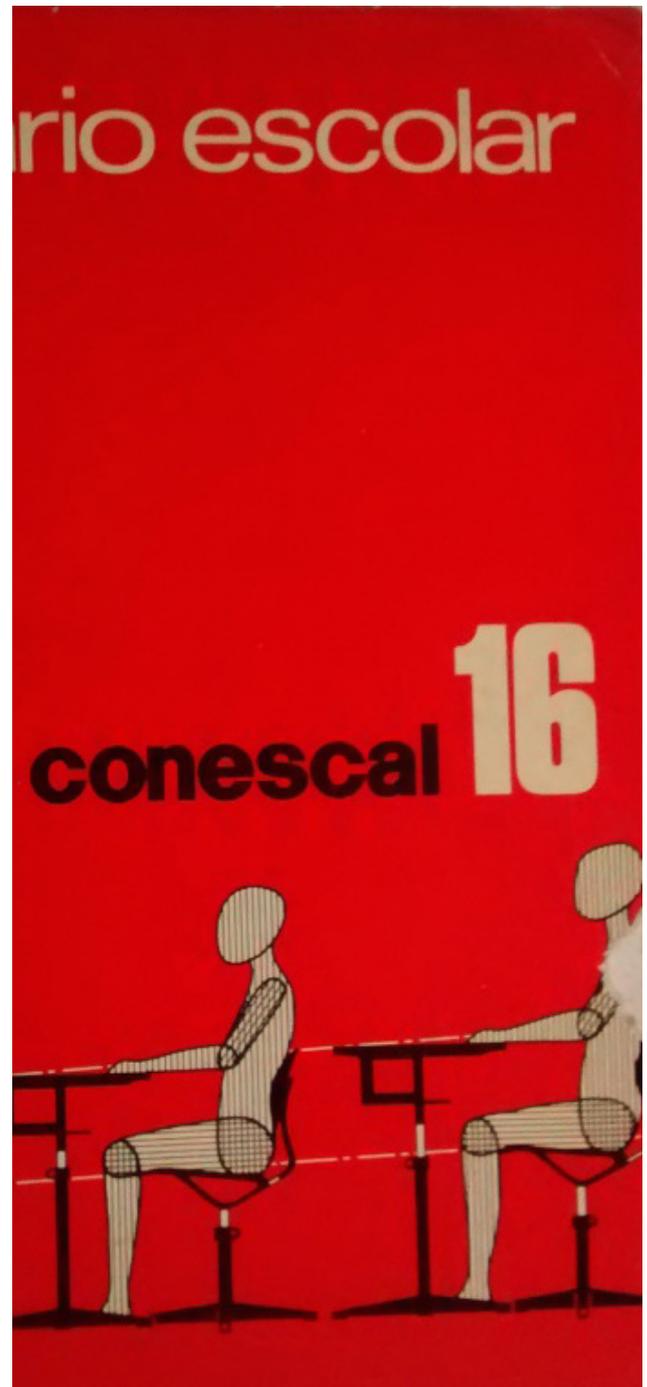
La primera norma vigente que regula el cálculo y la ejecución del HA es de 1912, aceptada como Norma Oficial de Chile por decreto del ex- Ministerio de Industria y Obras Públicas, N° 307 del 4 de Marzo de 1912, la cual se basa en la Norma Prusiana de 1907.

Luego es modificada en 1930 por el Departamento de Arquitectura de la Dirección General de Obras Públicas, cambiandola por la Norma para el Cálculo y Ejecución de Obras de Concreto Armado en la Edificación Fiscal.

Con la creación de la SCEE y su Dirección de Ejecución, el Departamento de Construcción y Conservación fue el encargado de construir, inspeccionar, supervisar y conservar los establecimientos educacionales, además de redactar las normas (Internas) técnicas de inspectores de obras, que complementaban a los documentos legales nacionales. Esta iniciativa de la SCEE de regular las construcciones llevo a la creación de la Dirección de Estudios en 1970 "encargado de la permanente evaluación e investigación de los aspectos normativos, técnicos y de diseño de la arquitectura escolar"( CONESCAL, 1982, p. 33)

A nivel nacional, dentro del periodo de estudio (1937-1965), se comenzaron a desarrollar Normas a cargo del Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización (Inditecnor), creado en 1944, generando conceptos básicos de sismicidad con la NCh3, y de regularización nacional de nuevos materiales, creando y aplicando las "Normas para el cálculo y la construcción de hormigón armado" y las NCh 429, NCh 427 y NCh 430. Además, Chile con el INDITECNOR fue uno de los 25 países fundadores de la International Organization for Standardization (ISO) en 1947, lo que desarrolló un compromiso con la infraestructura de calidad que ha sido mantenida desde 1973 hasta la fecha por el actual Instituto Nacional de Normalización (INN).

Las Normas chilenas son reglamentos donde se



**Imagen 35 :** Mobiliario Escolar- Conescal 16 Revista del Centro Regional de Construcciones para America Latina 1970  
**Fuente:** Francesco Budano

establecen conjuntos de propiedades y características que deben cumplir las construcciones para asegurar su calidad, por lo tanto se actualizan constantemente y se complementan entre sí.

Actualmente, la normativa chilena referida a la construcción, busca mejorar la calidad de estas, evitando la ocurrencia de desastres y pérdidas tanto de vidas humanas como de infraestructura. El desarrollo de las diferentes normas ha aportado en diferentes épocas y de diferente manera al objetivo general. Teniendo en cuenta la constante amenaza de los sismos es que se desarrolló la NCh 433 en el año 1971, encargada de velar por el diseño sismorresistente, sin embargo, las normas previas también habrían ayudado indirectamente a la sismorresistencia, como por ejemplo al normar las construcciones en acero y hormigón. La comprensión del desarrollo histórico-temporal de las diferentes normas que muestra la siguiente tabla, ayudan a entender su trabajo colaborativo e imprescindible en las diferentes construcciones a través del desarrollo en el último siglo de nuestro país.

Si bien, además de la ordenanza, sólo cuatro normas estaban vigentes en el período de estudio, se cumple lo enunciado anteriormente y es que los estándares de las normas constructivas aportan a la resistencia sísmica. Los postulados modernos pretenden construir obras que duren largos períodos, lo cual hace probable que las estructuras estén sobredimensionadas y hayan cumplido por sobre la norma, sin embargo, y como es conocido, las normas se actualizan/sustituyen reactivamente, principalmente, posterior a un evento que deja obsoleta a una norma o frente a un avance tecnológico. Esta situación deja a los establecimientos educacionales construidos en el período de estudio obsoletos en el cumplimiento de la regulación, ya que todas las normas vigentes en aquel momento fueron sustituidas y una además modificada, esto deriva, por lo tanto, en altas probabilidades de presentar algún grado de vulnerabilidad.

La actual Norma Sísmica es continuamente actualizada

en base a la información que generan los grandes sismos ejemplo de esto es la zonificación sísmica que se llevó a cabo post terremoto de 1985, resultando la actual NCh433.Of96 y reemplazando a la NCh433.Of72. La Norma actual, modificada por última vez el año 2012, reconoce un tipo de suelo más, detallando y diferenciando los suelos arcillosos. La norma sísmica chilena establece además, los coeficientes sísmicos en función de las características del suelo, la importancia de las edificaciones, los tipos de sistemas estructurales, entre otros aspectos que permiten diseñar una estructura sismoresistente, pero también permite evaluar/predecir el posible comportamiento de una edificación existente. Para la primera se establecen los parámetros de diseño, mientras que para una edificación existente comúnmente se evalúa si cumple la norma, para posteriormente proponer una intervención de refuerzo o reparación estructural según corresponda.

La norma sísmica a través de la categorización del suelo, aporta de gran manera al diseño sismoresistente de un edificio, ya que no sólo la estructura responde al sismo, si no, también lo hace el suelo. A modo de resumen, la interacción suelo – estructura, dependen de:

- La rigidez a bajas deformaciones de los estratos superiores del suelo
- Periodo fundamental del depósito de suelos.
- Nivel de amortiguamiento.
- Excitación sísmica propiamente tal. (Terremoto).

NORMA	TÍTULO	CREACIÓN	SUSTITUCIÓN	MODIFICACIÓN	DECRETO N°
se basa en la Norma Prusiana de 1907	Normas administrativas para la ejecución de construcciones de concreto armado	1912	Por las normas para el cálculo y la construcción de Hormigón Armado		
O.G.U.C.	Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	1931	-		
Redactada por el Departamento de Construcciones de la SCEE	Normas técnicas para inspectores de obra				
NCh3	Escala de intensidad de los fenómenos sísmicos	1948	1961		
-	Normas para el cálculo y la construcción de Hormigón Armado	1954	Por la NCh429 y 430		
NCh429	Hormigón Armado – Parte 1	1957	2008		
NCh427	Especificaciones de cálculo para edificaciones de acero para edificios	1957	1977	2016	
NCh430	Hormigón Armado – Parte 2	1961	2008		61
NCh431	Sobrecargas de nieve	1965	1977 2010		
NCh432	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones	1971	2010		
NCh433	Diseño sísmico de edificios	1972	1993 1996	2012	60
NCh1198	Madera	1977	1991 2006 2014		
NCh1537	Cargas permanentes y sobrecarga de uso	1986	2009		
NCh1928	Albañilería armada	1986	1993	2003 2009	
NCh2123	Albañilería confinada - Requisitos de diseño y cálculo	1993		2003	
	= Normas incidentes en el diseño durante el periodo de estudio (1937-1965)				

**Tabla 4:** Resumen histórico del desarrollo de las Normas constructivas chilenas  
**Fuente:** Elaboración propia

## 2.4 VULNERABILIDAD SÍSMICA

### VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LA ARQUITECTURA MODERNA

Para entender el concepto de vulnerabilidad sísmica, primero debemos entender la vulnerabilidad en sí, éste término comenzó a utilizarse desde mediados del siglo XIX en relación directa al ser humano, como una variable que influye en su capacidad de enfrentar un evento desfavorable. Con el paso del tiempo comenzó a abarcar las diferencias sociales y económicas de diferentes grupos de personas en relación al resto de la población, para ampliar posteriormente su aplicación a las posesiones de las personas (lo material), podemos ver esto en el indicador global de vulnerabilidad social calculado anualmente desde 2006 por la Cruz Roja española<sup>1</sup>.

Según Caballero (2007), el estudio de la vulnerabilidad sísmica comenzó a gestarse durante el siglo XX, ligado estrechamente a los efectos que los constantes sismos generaban en la arquitectura tradicional, edificada bajo poca o nula normativa constructiva o sísmica.

Con el surgimiento de la arquitectura moderna, con sus formas limpias, simétricas, robustas y su tecnología regulada, las carencias de la arquitectura tradicional se hicieron más evidentes, la arquitectura moderna con sus *“nuevos planteamientos estructurales y espaciales permitieron la construcción de edificios audaces sin tener en cuenta las implicaciones que estas nuevas configuraciones tendrían en su desempeño estructural en zonas sísmicas”* (Guevara, 2009, p.28), ésto en conjunto con la constante actualización de normas dejaron prontamente obsoletas las obras modernas ya construidas, generando la necesidad de aplicación de los estudios de vulnerabilidad. Si bien los estudios sobre vulnerabilidad no se han aplicado masivamente

a la arquitectura moderna, sí se han aplicado en sectores de manera más puntual; Un ejemplo de esto es la "Evaluación de la Vulnerabilidad y del Riesgo Sísmico en las Zonas Urbanas. Aplicación a Barcelona de Alex Barbat y Luis Pujades (2004)", donde se consideran los *“dos tipos de edificios más habituales que existen en la ciudad: los de mampostería no reforzada y los de hormigón armado con forjados reticulares. Nótese que los primeros han sido proyectados y construidos en una época en que no existía una normativa sismorresistente en España y que los segundos son de una tipología no adecuada a una zona sísmica”*. En palabras de Barbat (1998), la vulnerabilidad sísmica: *“de una estructura, grupo de estructuras, o de una zona urbana completa, está definida como su predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño. El concepto de vulnerabilidad sísmica es indispensable en estudios sobre riesgo sísmico y para la mitigación de desastres por terremotos”* (Evaluación probabilista del riesgo sísmico, 1998).

En relación al párrafo anterior, y para comprender el concepto de vulnerabilidad sísmica, debemos conocer los conceptos que influyen en ésta, como la amenaza, el riesgo, el desastre y la mitigación o prevención. Según lo expuesto por Milena Rojas en su tesis<sup>2</sup>, *“los conceptos fueron presentados por primera vez por la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro de Casos de Desastre (UNDRO, 1976)<sup>3</sup>, en*

1 “Cuando “medimos la vulnerabilidad social”, estamos expresando con datos estadísticos cómo se manifiestan la desigualdad y la falta de oportunidades en cuanto al empleo y rentas, la educación, la salud, el bienestar, la vivienda y el ambiente de las personas atendidas por Cruz Roja.” (Cruz Roja Española departamento de estudios e innovación social, 2013, p.15)

2 Tesis de pregrado.

3 El 14 de diciembre de 1971 la Asamblea General de las Naciones Unidas creó la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre. Las responsabilidades de la UNDRO con posterioridad a un desastre, establecidas mediante resolución, son las siguientes: 1) proporcionar información precisa respecto de las necesidades de socorros; 2) movilizar y coordinar el socorro para casos de desastre proveniente de los organismos de las Naciones Unidas y de la comunidad internacional en general en respuesta a una solicitud

el documento **Desastres naturales y análisis de vulnerabilidad** (Rojas, 2016, p.37). Posteriormente, gracias a investigaciones, los conceptos se han definido más en profundidad y hoy en día podemos vincularlos y entender dónde está el campo de acción para la prevención de desastres y pérdida de vidas.

Según Souter (1996) y Dowrick (1997), el riesgo es *“La posibilidad de pérdida o daño o exposición al cambio”*. Relacionándolo con dos aspectos, uno más general que es el económico y otro más detallado, el científico. Dentro de éste último podemos encontrar dos puntos de vista profesionales, uno ligado a la característica y ocurrencia de los sismos vinculada al sismólogo, y otra ligada a la influencia de los movimientos telúricos en las construcciones, ciudades o estructuras, campo de ingenieros y arquitectos.

Mientras que la UNDRD en conjunto con la UNESCO, en búsqueda de una unificación en relación a la definición de los términos utilizados, realizaron la reunión Natural Disasters and Vulnerability Analysis (UNDRD 1979) consensuando lo siguiente:

**AMENAZA O PELIGRO (HAZARD - H)** definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.

**VULNERABILIDAD (V)** como la probabilidad de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0, o sin daño, a 1 o pérdida total.

---

de asistencia de un Estado afectado; 3) establecer un servicio de información en Ginebra a fin de intercambiar información y armonizar las necesidades con los suministros y servicios de las fuentes donantes, y 4) hacer arreglos por anticipado respecto de la asistencia de emergencia que los países y organizaciones donantes estén dispuestos a proporcionar.

**RIESGO ESPECÍFICO (SPECIFIC RISK -RS)**, como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad.

**ELEMENTOS BAJO RIESGO (E)**, como la población, las edificaciones y obras civiles, las actividades económicas, los servicios públicos, las utilidades y la infraestructura expuesta en un área determinada.

**RIESGO TOTAL (TOTAL RISK - Rt)**, como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de evento desastroso, es decir el producto del Riesgo Específico (Rs) y los elementos de bajo riesgo (E).

Relacionando las variables en una ecuación que da como resultado el Riesgo Total:

$$R_t = (E)(R_s) = (E)(H.V)$$

En base a lo expuesto por Alex Barbat y Lluís Pujades (2002), podemos decir que: Toda edificación está expuesta a un evento sísmico (**Amenaza**), tiene probabilidad de presentar daños frente a un evento de mayor o menor intensidad (**Riesgo**) y tiene una predisposición intrínseca de que la totalidad o sus elementos expuestos sean afectados por la ocurrencia de un sismo (**Vulnerabilidad**). Según la interacción de estas variables Ceicedo et al. (1994) explican: *“una estructura puede ser vulnerable, pero no representar un riesgo para sus moradores, cuando se encuentre en un sitio con baja amenaza, cuya demanda sísmica no pudiera dañarla ni afectar al entorno”*.

Los argumentos de que la arquitectura moderna es altamente racionalista y producto de diferentes normativas sustentan la duración de sus edificaciones, sin embargo, esto no quiere decir que sea inmune al paso del tiempo, las inclemencias naturales de su

contexto o que no posea obsolescencia normativa en relación a los constantes avances tecnológicos. Por el contrario, las obras en general, necesitan una constante mantención y adaptación sísmico-constructiva, evitando su deterioro y resguardando la seguridad de sus habitantes.

Desde 1976 con la creación de la UNDRO, por parte de la ONU, ha habido cambios y avances en cuanto a la acción reactiva frente a los desastres sísmicos. Al enfocarse en la disminución de la vulnerabilidad y, por ende, del riesgo sísmico a través de la intervención preventiva y planificada. Así, han surgido conceptos como *“mejoramiento sísmico”* y *“adaptación sísmica”*, la principal diferencia entre ambos es que: La **“adaptación sísmica”** interviene a nivel estructural con el objetivo de que la obra sea capaz de resistir las sollicitaciones sísmicas en base a la normativa vigente en su contexto. Mientras que se aplica **“mejoramiento”** cuando se imposibilita o dificulta la ejecución de las intervenciones a nivel estructural, esto se presenta sobre todo en los bienes que poseen algún valor arquitectónico particular, lo que podría resultar muy invasivo, perjudicial o desfigurativo para la obra. Estas acciones de intervención en las obras arquitectónicas que poseen una asismicidad obsoleta, o carecen de ella, son primordiales, como expresa Bulian: *“es cierto que cualquier intervención aunque sólo de “mejoramiento” antisísmico, previsto bien concebido y ejecutado, proporciona a la estructura considerables recursos para defenderse eficazmente de la acción sísmica”* (Bulian, 2009, p.11).

De acuerdo al contexto nacional podemos encontrar conceptos homologables en la **Norma sísmica NCh 433**, específicamente en su Anexo A (informativo), en el cual diferencia la recuperación estructural en dos tipos:

- se denomina **“reparación”** cuando a una

estructura dañada se le restituye al menos su capacidad resistente y su rigidez original.

- se denomina **“refuerzo”** cuando a una estructura dañada o sin daño se le modifican sus características de modo de alcanzar un nivel de seguridad predeterminado mayor que el original.

De esta manera la Norma y sus Anexos establecen criterios y procedimientos para evaluar y orientar la recuperación de edificaciones dañadas o habitablemente inseguras.

Como hemos podido observar a lo largo de la historia de nuestro país y en la información proporcionada anteriormente, los sismos son el principal y más grande de los desastres naturales que azotan nuestro territorio, llevándose una gran cantidad de vidas, esto muchas veces relacionado con la poca o nula consciencia de diseño antisísmico en las edificaciones de la época estudiada. Una de las principales maneras de afrontar preventivamente esta situación, y reducir de gran manera las consecuencias negativas en las construcciones es el estudio de vulnerabilidad, ya que en base a la categorización de los inmuebles se puede diseñar las directrices y ejecutar un plan de acción acorde a la necesidad e importancia de las edificaciones con el fin de reducir el riesgo sísmico, por ende el costo de vidas y la reconstrucción reactiva.

## REFERENCIAS DE METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

“La vulnerabilidad de las construcciones se relaciona directamente con los daños ante la ocurrencia de un evento sísmico, se entremezclan en las clasificaciones dos aspectos: uno de ellos es el que evalúa el tema como predicción de los probables daños que podrán tener las mismas antes de la ocurrencia del sismo y el otro, toma en cuenta los daños una vez que se produjo” (Yépez, 1996, p.4).

Existen varias propuestas y métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la arquitectura, aplicable a diferentes tipos de construcciones, otras analizan zonas o localidades de manera más global. El siguiente cuadro resume la información y clasificación expuesta por el Ingeniero argentino Nery Fidel Pizarro (2016) en el documento mediante el cual desarrolla su método de evaluación, explicando que los métodos de evaluación se pueden clasificar en base a tres diferentes parámetros: según datos de entrada, procedimiento y resultados, los que orientan a escoger el mejor método según sea necesario.

Para efectos de esta investigación y en base a la siguiente tabla, se considerarán métodos que cumplan con considerar al menos tres tipos de datos de entrada y que cuenten con un procedimiento estadístico, por lo que en las siguientes páginas del capítulo se presentaran diferentes métodos aplicables al contexto nacional, sus pros y contras, para finalmente seleccionar y ejecutar uno.

Según	PROPUESTA PARA CLASIFICAR LOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA				
Datos de entrada	Daños registrados después de un sismo o a través de ensayos de laboratorio (información empírica).	Características geométricas y cualitativas	Características mecánicas	Caracterización sísmica de la zona	Datos geológicos y geotécnicos de la zona
Procedimiento	Estadístico, de vulnerabilidad observada	Mecánico, analítico, de vulnerabilidad calculada o teórica (modelación matemática de edificios o uso de definiciones clasificadas por otros autores)	De juicio de expertos	Experimentales (ensayos en la edificación, generalmente “in situ”, para determinar propiedades de la estructura)	
Resultados	Vulnerabilidad absoluta (funciones de vulnerabilidad preestablecidas en la zona)		Vulnerabilidad relativa (Cálculo de índices de vulnerabilidad según un método probado anteriormente)		

**Tabla 5:** Clasificación resumen de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica

**Fuente:** Elaboración propia en base a “Método cualitativo para valorar la seguridad sismorresistente de edificios educacionales” por Mg. Ing. Nery Fidel Pizarro

## MÉTODOS ITALIANOS

### a. Método del G.N.D.T. (1984):

Es el más utilizado y probado. Desarrollado por Benedetti y Petrini (1984), encargado por el *Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.)*. Basado en las lecciones aprendidas de los terremotos ocurridos en Italia, el método se desarrolló originalmente para ser utilizado en edificaciones de albañilería y, posteriormente, adecuado para ser utilizado en edificaciones de hormigón armado y albañilería armada. Generalmente, es utilizado en edificaciones aisladas basando la evaluación en once parámetros que, a su vez, se categorizan en tres grupos (A, B y C) por parámetro de las edificaciones. Éste método ha desarrollado una clasificación y evaluación simple de los edificios, generando escalas de colores, parámetros básicos de evaluación (bueno, regular, malo) y valorización según la categoría de los siguientes parámetros:

1. Organización del sistema resistente
2. Resistencia convencional (número de pisos y características generales)
3. Posición y cimentación del edificio
4. Elementos no estructurales
5. Diafragmas horizontales
6. Configuración en planta
7. Configuración en elevación
8. Separación entre muros (máxima)
9. Tipo de cubierta
10. Estado de conservación

Este método, si bien considera aspectos importantes en la configuración estructural y constructiva de un edificio, aplica ecuaciones ingenieriles de mediana complejidad, por lo que se descarta como primer acercamiento a los casos de estudio, considerándolo como un método para una evaluación más detallada y profunda.

### b. Codice di pratica per la sicurezza del centro storico di Palermo (1999):

Este método va de lo general a lo particular y es mayormente aplicado en viviendas o edificaciones habitacionales. Teniendo en cuenta la zona, su historia sísmica y el desarrollo urbano para posteriormente centrarse en la edificación en particular. Además, destaca y valora la construcción local como fuente de conocimiento y considera las siguientes etapas de evaluación:

1. Historia sísmica local
2. Evolución urbana
3. Caracterización tipológica de la arquitectura de la zona
4. Análisis de las manzanas percibidas como vulnerables:
  - 4a. Estudio de las técnicas constructivas
  - 4b. Identificación de las vulnerabilidades específicas.

Si bien la configuración urbana es un aspecto importante en el desarrollo y comportamiento de un inmueble, éste método ha sido mayormente probado en unidades habitacionales y no en edificios educacionales, además la complejidad de considerar en la evaluación una zonas urbanas según cada caso, escapa de los tiempos y los objetivos de esta investigación.

### c. La valutazione della vulnerabilità e del rischio sismico degli edifici pubblici mediante le procedure VC (vulnerabilità c.a.) e VM (vulnerabilità muratura) (2002):

Esta metodología desarrollada por Mauro Dolce y Claudio Moroni, se basa en un modelo simplificado de cálculo aplicado a edificios públicos tanto de hormigón

armado (VC.A.) como de albañilería (VM), su principal objetivo de análisis es la planta, determinando los desplazamientos relativos entre un piso y el otro, evaluando así la respuesta y la resistencia sísmica estructural del edificio, con el fin de evaluar las condiciones de colapso.

El nivel de complejidad de la metodología es proporcional al nivel de conocimiento de la estructura real, tanto en términos de las características mecánicas de los materiales como de las geometrías de los diferentes elementos estructurales y del sistema estructural en su conjunto. El conocimiento de una estructura existente nunca llega a ser total, y el nivel de detalle es acorde con el tiempo y el costo de realizar encuestas e investigaciones experimentales sobre materiales y elementos estructurales.

A través de diversas ecuaciones evalúa los siguientes parámetros/pasos:

- Identificación del posible mecanismo de colapso.
- Modelo de comportamiento en ausencia de rellenos (análisis de los pilares en ambas direcciones ortogonales).
- Modelo de comportamiento en presencia de rellenos (piso a piso evaluando la rigidez, la resistencia y la capacidad disipativa).
- Vulnerabilidad sísmica y riesgo de logro de límites operativos y colapso.
- Corte basal
- Aceleración del suelo.
- Coeficiente de ductilidad para la determinación de las condiciones de colapso.
- Determinación del nivel de rendimiento que implica la pérdida operacional.
- Determinación de períodos de retorno y valoración del riesgo.

Este método fue aplicado el año 2005 en 84 (60 de H.A. y 24 de Albañilería) edificios escolares de ambas materialidades construidas o diseñadas antes de 1980 y ubicados en la provincia de Potenza, Italia por M. DOLCE, D. LIBERATORE, A. MASÌ, C. MORONI, F. C. PONZO, A. DI CESARE, A. MOSSUCCA, del Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'ingegneria, Università degli Studi della Basilicata, Potenza. Dicho estudio arrojó como resultado un aceleración media mayor presente en los edificios de H.A. en comparación a los de albañilería frente a un evento sísmico, además de un valor promedio entre 0.11-1.12g PGA<sup>1</sup> min para operabilidad y colapso para ambos tipos de edificios, lo que evidencia una carencia estructural<sup>2</sup>.

El presente método podría considerarse como el más aplicable de los tres ya presentados, ya que considera las dos principales materialidades presentes en los establecimientos educacionales de la época a analizar, sin embargo, al igual que el primer método, considera la aplicación de cálculos ingenieriles y geológicos, además de precisar la información estructural real y detallada de las edificaciones, cabe destacar que podría no lograrse en algunos casos de estudio, considerando la falta de instrumentos para generar dicha información.

1 *Peak Ground Acceleration*: Aceleración máxima del terreno en un evento sísmico, ayuda a medir la intensidad en un punto determinado a través del uso de acelerógrafos. Según el valor obtenido se considera lo siguiente:  
 0.001 g : perceptible por personas  
 0.02 g : las personas pierden el equilibrio  
 0.50 g : muy alto; Los edificios bien diseñados pueden sobrevivir si la duración es corta. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_ground\\_acceleration](https://en.wikipedia.org/wiki/Peak_ground_acceleration))

2 Según datos, resultados y conclusiones registrados en el documento original: [https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/Att\\_scient/Prodotti\\_consegnati/Dolce\\_Zuccaro/SAVE\\_VCVM\\_databaseScuole.pdf](https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/Att_scient/Prodotti_consegnati/Dolce_Zuccaro/SAVE_VCVM_databaseScuole.pdf)

## MÉTODOS JAPONÉS HIROSAWA “RETRO-FITTING AND RESTATION OF BUILDINGS IN JAPAN” (1992)

Este método se utiliza oficialmente en Japón por el Ministerio de Construcción para edificios de hormigón armado de mediana y baja altura, construidos con métodos convencionales. A través de tres niveles de evaluación que van desde lo más general hasta lo más detallado, analizando el comportamiento sísmico por pisos mediante la comparación del índice correspondiente a la resistencia del edificio ( $I_s$ ) y la resistencia demandada ( $I_{so}$ ), considerando a la edificación segura si el primer índice es mayor al segundo.

Modificaciones a este método han permitido aplicarlo en evaluaciones preliminares ejecutadas en países como Chile, Perú, Ecuador y México, en éste último, además, ha sido aplicado a edificaciones mixtas de H.A. y albañilería.

La amenaza sísmica de Japón es comparable a la presente en nuestro territorio por lo que el desarrollo sísmico de Japón podría ser aplicable en nuestro contexto, sin embargo las características de los eventos sísmicos son diferentes, además, para la obtención de cada índice de resistencia es necesario el conocimiento de elementos estructurales como las armaduras de elementos tanto verticales como horizontales, información a la cual es difícil acceder si no se cuenta con la documentación de diseño, por lo que éste método se descarta para el desarrollo de esta investigación.

## MÉTODO DEL FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY (FEMA)

Es un método estadounidense aplicado por la Federal Emergency Management Agency (FEMA), a través de un formulario conocido como **FEMA-154**, el cual mediante observaciones cualitativas asigna un valor a cada edificio. Cuando éste valor es menor o igual a 2, se debe aplicar una evaluación más detallada de análisis lineal, si no cumple se aplica un análisis no lineal, el cual determina si la edificación necesita refuerzo o algún tipo de intervención. Si la evaluación arroja un índice igual a 2, esto significa que el edificio tiene un probabilidad de 1 a 100 de colapso.

Además de la obtención de un índice valorativo, el formulario permite una caracterización de los edificios a través de planimetrías, imágenes y localización de éstos, por lo que aporta a una base de datos que podría llegar a ser necesaria para otro tipo de intervenciones en los inmuebles.

Esta metodología cuenta con análisis cualitativo en planta, elevación, materialidad, estado actual y hasta considera el tipo de suelo en el cual se emplaza el edificio. Al identificar éste último aspecto el formulario posee una tabla a aplicar lo que, finalmente, mediante una suma algebraica determina el índice final.

La aplicación del formulario FEMA-154, permitió considerar modificaciones que aportaran a una mejor y más completa evaluación del edificio, por lo cual se desarrolló el método FEMA P-154, el cual considera más tipos de construcciones, más características (como modificaciones posteriores o amenazas geológicas) y daños o posibles amenazas presentes en el edificio.

## MÉTODO ARGENTINO DE PIZARRO, APLICADO EN ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES DE MENDOZA (2015)

El método propuesto y desarrollado por Pizarro considera la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en base al ya expuesto método italiano del **GNDT**, mediante el cual se obtienen tres índices:

- El Índice de vulnerabilidad sísmica estructural (“Iv”) de la edificación o parte de ella, considerando como separación a las juntas de dilatación.
- El Índice de vulnerabilidad sísmica de las partes (“Ivp”).
- El Índice de vulnerabilidad sísmica de los elementos no estructurales (“Ivene”).

Detectando de manera específica el comportamiento sísmico de la edificación, permitiendo tomar medidas adecuadas posteriores al análisis. Luego de la cuantificación de los valores se aplica una tabla mediante la cual se evalúa si el valor obtenido es óptimo o desfavorable para la seguridad del edificio.

Este método considera para su evaluación las siguientes variables:

1. Organización del sistema resistente
2. Calidad del sistema resistente
3. Resistencia convencional
4. Posición del edificio y fundación
5. Entrepiso y/o cubierta
6. Configuración en planta
7. Configuración en elevación
8. Conexión entre elementos críticos
9. Elementos de baja ductilidad
10. Estado de conservación
11. Modificaciones constructivas

La aplicación del presente método en Mendoza permitió evidenciar las falencias de diseño en algunos establecimientos y los daños presentes en otros, calificando y generando importante información para la disminución de la vulnerabilidad y, por lo tanto, del riesgo sísmico de los establecimientos educativos de Mendoza. Sin embargo, al basarse en el método italiano y adicionarle modificaciones asociadas a la aplicación ingenieril en Mendoza, posee las mismas limitantes que el método del G.N.D.T. y, por ende, sería aplicable a un análisis más profundo, posterior al que tiene como objetivo esta investigación.

Características	G.N.D.T.	Codice di pratica per Palermo	Procedure VC e VM	Hirosawa	FEMA 154	FEMA P-154	Pizarro para Mendoza
Cualitativo	X	X			X	X	X
Cuantitativo			X	X			
Aplicable a H.A.	X		X	X	X	X	X
Análisis por piso	X		X	X	X	X	X
Análisis en elevación	X				X	X	X
Análisis de elementos no estructurales	X					X	X
Considera estado de conservación	X	X					X
Necesita conocimiento específico de la estructura			X	X			
Necesita de ensayos mecánicos (destrutivos)				X			
Usa análisis numérico	X		X	X			X
Resultado Valor Categorización	V/C	C	V	V	C	V	V/C

**Tabla 6:** Caracterización resumen de los métodos de evaluación de la vulnerabilidad sísmica  
**Fuente:** Elaboración propia en base a revisión y análisis bibliográfico

## 2.4 SELECCIÓN DEL MÉTODO

El diseño y configuración de un edificio debe tener 4 principios fundamentales según Glen Berg (2009) para contar con una buena capacidad de respuesta sísmica (Diseño Sismoresistente):

- El edificio debe ser diseñado para actuar con un cuerpo sólido, por ende, las partes de su estructura deben estar conectadas y reforzadas.
- La configuración en planta debe tener una "forma cerrada", evitando formas de U, L, Y, o H.
- La presencia de muros rigidizantes debe ser imprescindible, de distribución simétrica en planta y continua en toda la altura del edificio.
- Las fuerzas laterales deben distribuirse en los pórticos, según la rigidez de éstos.

*"La capacidad de respuesta de un edificio ante las excitaciones impuestas por un movimiento sísmico del terreno, representa su **grado de vulnerabilidad**"* (Guevara, 2009. p.77). Por ende, estos parámetros deben considerarse en la selección del método de evaluación, además de considerar las irregularidades que podrían afectar la sismoresistencia del edificio:

- Por distribución irregular de la masa en pisos contiguos.
- Por exceso de peso en estructuras no diseñadas para resistirlo.
- Distribución irregular de la rigidez y la resistencia.
- Desplazamiento relativo de componentes estructurales verticales.
- Columna cautiva o columna corta.
- Relación relativa de resistencia en nudos columna-viga.
- Cambios de sección.
- Columnas con proporciones y direcciones diferentes.
- Falla simultánea de irregularidades.

En base a la revisión bibliográfica, los principios del diseño sismorresistente, las irregularidades y análisis de los diferentes métodos de evaluación de vulnerabilidad sísmica ya expuestos, se procederá a seleccionar el siguiente método de evaluación para ser aplicado a la selección de casos de estudio:

Siendo uno de los métodos más completos y que genera más información utilizable para la categorización en diferentes áreas, sumado a que evalúa cualitativamente y de manera general los edificios, se aplicará para la presente investigación el método **FEMA P-154** a través de su formulario, ya que será posible aplicarlo a un universo mayor de casos (tres en cada ciudad) con el fin de categorizar, comparar y priorizar los casos más vulnerables al concluir esta etapa. Lo anterior permite generar información primordial para cualquier intervención en los casos investigados, sentando las bases para un posible plan de acción de adaptación o mejoramiento estructural futuro. Sin embargo, se modificarán algunos aspectos como la categorización de suelo, buscando una afinidad entre la tipificación de suelo nacional y estadounidense.

Y, finalmente, se selecciona el método mencionado por la cualidad no invasiva de sus observaciones, es decir, no necesita ensayos destructivos para el inmueble. Considerando, también, la nula aplicación de ecuaciones ingenieriles en la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios, adecuándose así a la temporalidad del desarrollo de la presente tesis de pregrado.

En el siguiente capítulo se especifican y explican los parámetros que evalúa este método y se exponen las adaptaciones realizadas al contexto nacional.



## 03. APLICACIÓN DEL MÉTODO

Preparación de instrumentos

Proceso de selección de casos

Aplicación de la evaluación en casos

Resultados

Conclusiones



**Imagen 36:** Vista interior del Liceo Experimental  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

# 3.1 PREPARACIÓN DE INSTRUMENTOS

## OPERATIVIDAD DEL RVS FEMA P-154.

El método estadounidense FEMA P-154 está catalogado como un **“Programa de detección visual rápida” (RVS<sup>1</sup>)**, ya que es una evaluación temprana al edificio, con información accesible sin exigencia de instrumentos específicos. El programa es desarrollado por un equipo compuesto por profesionales competentes y estudiantes, tanto de ingeniería como de arquitectura, que llevan a cabo roles administrativos, organizadores y evaluadores, además determinan ciertos parámetros de medición como el *“code”* y el *“benchmark”* lo que se puede traducir como previo y posterior a norma, todo esto con el objetivo de estudiar la mayor cantidad de edificaciones posibles. Sin embargo, para efectos de la presente investigación se reducirá el campo de acción en función de la información y el material generado.

Las etapas que considera este método son principalmente las siguientes:

- Acotar el lugar y determinar tanto el universo, como la muestra de casos.
- Seleccionar y extraer datos de las posibles fuentes de información. Se designa a un miembro del equipo para generar una base de datos con el objetivo de automatizar la información y hacer más eficiente el estudio de campo de los evaluadores (no se utiliza ningún tipo de puntuación aún). La precisión y cantidad de información determina el proceder del estudio de campo *in situ*.
- Se estima el tiempo y el costo que conllevará ejecutar el programa en base al material humano necesario por hora de trabajo. Paralelamente, se genera una base de datos con la ubicación precisa de los casos, lo que permite asignar un código distintivo a cada uno considerando la dirección, el

loteo y el código postal.

- Con la ubicación precisa de cada caso se determina la zona sísmica a la cual pertenece y el tipo de terreno en el cual está emplazada la edificación por caso. Además, se considera cualquier otro mapa o estudio previo que caracterice el terreno de emplazamiento y su comportamiento sísmico. Por último, se determinan los parámetros de evaluación (*“pre-code”* y *“post-benchmark”*) según el año en que se adoptaron criterios constructivos o normas sismoresistentes en el diseño de las edificaciones, según corresponda.
- Se rellenan los formularios con la información de identificación del inmueble, completando todos los campos posibles previos a la puntuación.
- En el trabajo de campo o terreno, se evalúa el edificio según el grado de accesibilidad, se consideran daños o riesgos de caída, se determina el tipo de edificación, se asignan puntuaciones y la necesidad o no de una evaluación detallada según el formulario.

En base a los resultados y considerando que el método FEMA P-154 es un programa RVS, se establece como la fase preliminar (o primer acercamiento) de un procedimiento de detección de múltiples etapas, esta fase en particular detecta los edificios potencialmente peligrosos para una posterior evaluación de profesionales experimentados. Para la siguiente etapa el manual de aplicación FEMA P-154 recomienda la aplicación del método ASCE/SEI 41-13, *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings* (ASCE, 2014) para evaluaciones estructurales, mientras que para evaluaciones no estructurales se recomienda el método FEMA E-74, *Reducing the Risks of Nonstructural Earthquake Damage – A Practical Guide*, Fourth Edition (FEMA, 2012).

1 *Rapid Visual Screening*

El resultado final del formulario es un valor para **S** (score), el cual está específicamente relacionado con la probabilidad de colapso de algún elemento del edificio, el manual recomienda fijar el punto de corte de la probabilidad de colapso aceptable en  $S=2.0$ , ya que un valor menor implica mayor riesgo y un valor mayor implica más costos, ya que los formularios arrojarían como resultado que es necesario evaluar detalladamente un mayor número de casos. Entonces, para un "inmueble A" que arroja un puntaje final de  $S=3.0$  implica que existe una probabilidad de colapso de alguno de sus elementos estructurales de 1 en  $10^3$  para aquel inmueble, mientras que puede existir un "inmueble B" que arroje un puntaje final de  $S=0.1$ , lo que implica que hay una probabilidad de 1 en  $10^{0.1}$  de que alguno de sus elementos estructurales colapse frente a un terremoto.

Además de los beneficios directos del FEMA P-154, que se relacionan con la seguridad sísmica y el evitar pérdidas tanto humanas como materiales, también existen beneficios secundarios como:

- Reducción de la interrupción de negocios y servicios.
- Reducción potencial de daños secundarios (por ejemplo, incendios) que podrían impactar estructuras no dañadas.
- Reducción potencial de problemas de flujo de tráfico alrededor de áreas de daños significativos.
- Aumento de la resistencia y reducción de los tiempos de recuperación.
- Creación de base de datos sobre edificaciones, utilizable para otros fines.
- Otras reducciones de impactos económicos.



## Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook

Third Edition

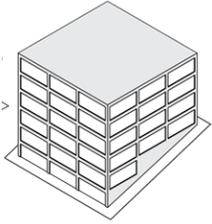
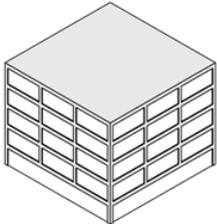
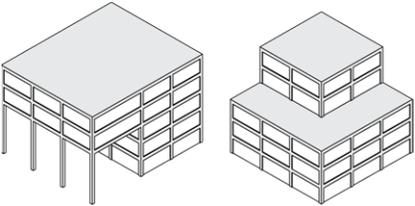
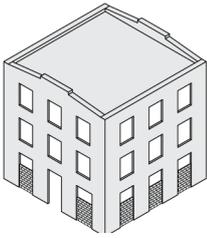
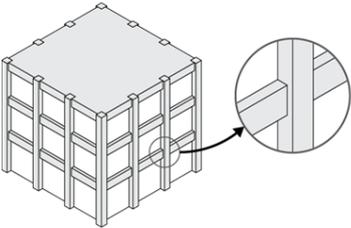
FEMA P-154 / March 2016

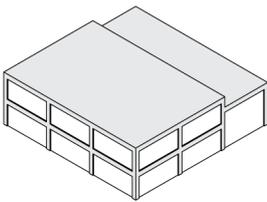
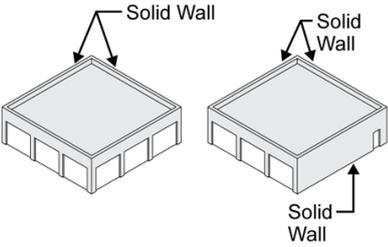
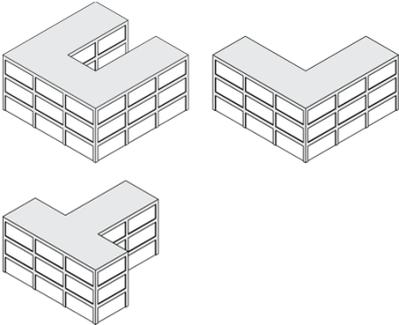
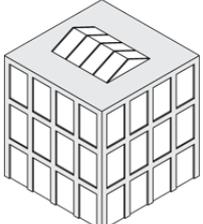


**Imagen 37:** Manual de detección visual rápida de edificios ante posibles peligros sísmicos  
**Fuente:** Página oficial del FEMA

*“La detección visual rápida puede ser una herramienta valiosa para apoyar los esfuerzos que crean consciencia sobre las edificaciones vulnerables en las comunidades” (FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, 2015, p. 175)*

**TABLA EXPLICATIVA DE IRREGULARIDADES FEMA P-154**

Nombre	esquema	Descripción
Suelo en pendiente		Existe una pendiente en el terreno que genera una diferencia de altura de al menos un piso entre un lado del edificio y el otro.
Suelo/nivel blando		Se presenta principalmente en edificios aporricados, donde existe una diferencia de flexibilidad de un piso inferior con respecto a uno superior.
Retroceso		Existe un desfase de los elementos verticales generando difragmas en voladizo
Columna corta		Existe una diferencia de longitud entre pilares en un mismo eje o se presenta un relleno que acorta los pilares.
Vigas no alineadas con columnas		Las vigas y las columnas no se alinean en planta, afectando la reacción sísmoresistente del sistema.

Nombre	esquema	Descripción
Nivel dividido		Existe una división y desfase de la losa en un nivel.
torsión		Los ejes tienen diferentes grados de rigidez, generando una excentricidad entre el centro de masa y centro de rigidez, lo que frente a un evento sísmico generará torsión.
Esquina reentrante		Exite una distribución irregular en planta dentro de un mismo cuerpo estructural, resultando plantas tipo U, L, T, H, +
Apertura en el diafragma		Existe un vano en el diafragma que supera el 50% de éste.

**Tabla 7:** Esquema de irregularidades

Fuente: Los esquemas expuestos son parte del manual del FEMA para caracterizar y ejemplificar las irregularidades a considerar en la evaluación de los edificios

## ADAPTACIÓN DEL FORMULARIO FEMA P-154

Considerando que el formulario del método FEMA P-154, está desarrollado para una realidad extranjera diferente a la nacional, se llevan a cabo cambios que adapten la evaluación, pero no interfieran con la puntuación principal del procedimiento. Los principales cambios ejecutados sobre la ficha del FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY, fueron:

- **El idioma.** Se tradujo la totalidad de fichas (10) correspondientes a los 5 niveles sísmicos y los niveles 1 y 2 de evaluación al español, teniendo en cuenta conceptos arquitectónicos, sísmicos y constructivos.
- **La caracterización de las edificaciones.** Se incorporaron aspectos como la zonificación sísmica en base a la **NCh433**, los terremotos sufridos por la edificación desde su año de construcción a la actualidad y el área por piso y total aproximado, además se omitió el uso, ya que se consideró era información redundante teniendo en cuenta que ya se especifica la ocupación del edificio.
- **Los tipos de suelo.** Se cambiaron los tipos de suelo en base a la categorización desarrollada por la **NCh433.Of96** mod.2009, ya que los instrumentos del SERNAGEOMIN consideran esta clasificación y no la actual modificación 2012; dicha categorización se encuentra en el **capítulo 4.4** sobre instrumentos sísmicos.
- **Los tipos de edificios.** Se adaptaron a la clasificación de las construcciones desarrollada por la **O.G.U.C.** en el **capítulo 3, artículo 5.3.1.** Se comparó según tipo de material y clasificación FEMA para lograr una homologación que no afectara la puntuación posterior de la evaluación. Además, se eliminaron dos clasificaciones de construcción ya que se consideraron innecesarias para la aplicación en los casos de estudio de la presente investigación.

Considerando la aplicación de la evaluación sobre edificaciones emplazadas en la *zona sísmica III*, según **NCh433**, se considera la utilización de las tres primeras fichas FEMA adaptadas, correspondientes a "Muy alta sismicidad", "Alta sismicidad" y "Sismicidad Moderada-alta" en sus niveles 1 y 2 respectivos. La elección de una ficha en particular para la aplicación se realizará según el emplazamiento del caso, de acuerdo al correspondiente mapa de riesgo sísmico desarrollado por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), ayudando a la precisión de los resultados arrojados por la aplicación de las fichas.

En base al desarrollo normativo estudiado se fijan los criterios "previo a norma" (*pre-code*) y "posterior a norma" (*post-Benchmark*): para el primero se consideran edificios ejecutados previo al año 1957 donde se crean la norma **NCh429** y la **NCh427** que regulan las especificaciones de cálculo y construcción para edificaciones de Hormigón armado y acero, respectivamente, por lo tanto resta puntaje al no contar con ninguna norma que aporte de manera al menos mínima a la sismoresistencia del edificio; mientras que para el segundo, se consideran edificios construidos posterior al año 1972 donde se crea la **NCh433** que regula el diseño sísmico de edificios, influyendo positivamente en el puntaje del edificio. Los edificios construidos entre ambas fechas no afectan su puntaje ni de manera positiva ni negativa.

A continuación se muestra el resultado de la adaptación de las fichas evaluativas correspondiente a los niveles 1 y 2 de muy alta sismicidad, pudiendo contrastar con las fichas originales presentes en el Anexo D.

Además se presenta una tabla con los rangos de resultados para S (score) en base a la aplicación de las fichas adaptadas a "casos de control" hipotéticos, uno muy positivo y otro muy negativo, fijando los valores extremos para S de 2.6 y 0.6. Mientras que en el caso del valor de corte se decide adaptarlo obviando la

referencia propuesta por el FEMA que fija el punto de corte en  $S=2.0$ , considerándolo un valor excesivamente alto. Se fija entonces como valor de corte al valor asignado como puntaje base en la ficha de menor riesgo utilizada que, en éste caso corresponde a la ficha de sismicidad media-alta, donde se estipula un puntaje base para las construcciones de albañilería reforzada de  $S=1.8$ . Esta adaptación se justifica en que la totalidad de los casos a evaluar presentan el mismo sistema constructivo y además el manual FEMA considera la adaptación del valor de corte según las singularidades de los casos y el contexto a evaluar.

Resultado de S (puntaje)	probabilidad de colapso
0,6	1 en 4
0,7	1 en 5
0,8	1 en 6,3
0,9	1 en 7,9
1	1 en 10
1,1	1 en 12,6
1,2	1 en 15,8
1,3	1 en 20
1,4	1 en 25
1,5	1 en 31,6
1,6	1 en 39,8
1,7	1 en 50
1,8	1 en 63
1,9	1 en 79,4
2	1 en 100
2,1	1 en 125,9
2,2	1 en 158,5
2,3	1 en 199,5
2,4	1 en 251,2
2,5	1 en 316,2
2,6	1 en 398

**Tabla 8:** Rango de resultados FEMA P-154 adaptado y la probabilidad a la que corresponde

**Fuente:** Elaboración propia

**MUY ALTA SISMICIDAD**

**S (S<sub>L1</sub> + S<sub>L2</sub>)**

Dirección:			Riesgos geológicos	Licuefacción	Si/No/DKN	Deslizamiento de tierra	Si/No/DKN	Ruptura de la superficie	Si/No/DKN
		Rol SII	Proximidad	<input type="checkbox"/> Golpeteo		<input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto			
Otros identificadores			Irregularidades	<input type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad) _____ <input type="checkbox"/> En planta					
Nombre de edificio			Riesgos exteriores de caída	<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas		<input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados			
Zona sísmica según NCh433				<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo		<input type="checkbox"/> Apéndices			
Latitud:		Longitud:		<input type="checkbox"/> Otro (especificar) _____					
Terremotos que han afectado el inmueble:			Ocupación	Reunión	Comercial	Servicios de emergencia.	Histórico		<input type="checkbox"/> Albergue
Evaluador (s)		Fecha:		Industria	Oficina	Educacional	<input type="checkbox"/> Gubernamental		
N° de pisos:	Año de construcción		Servicios públicos		Bodega	Residencial, número de unidades: _____			
Bajo suelo	Sobre suelo:		Tipo de suelo (según NCh433)		<input type="checkbox"/> I roca	<input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa	<input type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada	<input type="checkbox"/> IV Suelo pobre	<input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV
Área por piso	Área total								
Ampliaciones	<input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción: _____								

TIPO DE EDIFICIO SEGUN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
Previo a norma 1957	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	N/A	1.4	1.7	N/A	1.5	1.7	1.6	1.6	N/A
Suelo tipo I o II	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	N/A	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	N/A	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

**Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S<sub>L1</sub>**

Extensión de la revisión			Otros riesgos			Acción requerida			
Exterior	<input type="checkbox"/> Parcial	<input type="checkbox"/> Todos los lados	<input type="checkbox"/> Aéreo	¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada?			¿Se requiere una evaluación estructural detallada?		
Interior	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Visible	<input type="checkbox"/> Ingresó	<input type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL2 > corte, si se conoce)			<input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio		
Planos revisados	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No		<input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto			<input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el corte		
Fuente del tipo de suelo:	_____			<input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV			<input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes		
Fuente de Riesgos geológicos:	_____			<input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural			<input type="checkbox"/> No		
Persona de contacto:	_____						¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno)		
¿Se realizó evaluación del formulario L2?	<input type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL2 _____		<input type="checkbox"/> No				<input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados.		
¿Daños no estructurales?	<input type="checkbox"/> Sí		<input type="checkbox"/> No				<input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada.		
							<input type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I		

**Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce**

**Leyenda:** MR= Marco Rígido      MAM= Marco arriostrado con muros      AS = Albañilería Simple o no reforzada      CP= Construcción prefabricada  
MAD = Marco arriostrado con diagonales      AC = Albañilería Confinada      TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ      ML = Metal ligero

**TIPO DE EDIFICIO SEGUN O.G.U.C.**

Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.

Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.

Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.

Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.

Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.

Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.

Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado

**Imagen 38:** Ficha FEMA P-154 nivel 1, muy alta sismicidad  
**Fuente:** Traducción y adaptación propia en base a la ficha FEMA P-154 original

**MUY ALTA SISMICIDAD**

Nombre del edificio:	Puntuación final nivel 1:		$S_{L1} =$ (NO considerar $S_{MIN}$ )			
Examinador:	Modificadores de la irregularidad del nivel 1:		Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	Plan de irregularidad, $P_{L1} =$		
Fecha:	AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:		$S' = (S_{L1} - (V_{L1}) - (P_{L1})) =$			
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			Sí	Subtotales	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0,9	$V_{L2} =$ (Máx. -0,9)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0,2	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.			-0,5	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).			-0,9	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.			-0,9	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2,0 veces la altura del piso superior.			-0,7	
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior			-0,4	
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.			-0,7	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.			-0,4	
	Columna corta pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.			-0,2	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.			-0,4	
	Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortar la columna.			-0,4	
		Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.			-0,4	
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0,7		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.			-0,4		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0,5	$P_{L2} =$ (Máx. -0,7)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0,2		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0,2		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0,2		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0,2		
Otra irregularidad: hay otra irregularidad observables en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0,5			
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+ 0,2	$M =$	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1,5% de la altura más corta de la estructura o edificio		Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-0,7		
			Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	(Máx. total de goleteos modificadores en -0,9) -0,7		
			El edificio está en el extremo del bloque.	-0,4		
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-0,7		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0,3		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+ 0,2		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+ 0,2		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0,3		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1,2		
Puntuación FINAL nivel 2, $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$ : (transferir al formulario L1)						
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> NO						
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "Sí" o "No")			Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:					
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:						
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada			
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada			
<input type="checkbox"/>	poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada			

**Imagen 39:** Ficha FEMA P-154 nivel 1, muy alta sismicidad  
**Fuente:** Traducción y adaptación propia en base a la ficha FEMA P-154 original

## 3.2 PRESENTACIÓN DE CASOS

### JUSTIFICACIÓN DE SELECCIÓN

Para el correcto desarrollo de la investigación y desarrollo y evaluación de vulnerabilidad sísmica en locales escolares como casos de estudio, se proponen los siguientes criterios de la selección de las ciudades y, por ende, de los casos:

1. Que cada ciudad esté en una región que sea **representativa de la alta sismicidad nacional**, tanto en cantidad como en magnitud de terremotos posteriores a 1937.
2. Que la ciudad posea al menos 3 establecimientos educacionales **desarrollados por la SCEE** entre el período 1937-1965.
3. Que los casos a seleccionar, se encuentren dentro de la **zonificación sísmica III** de la NCh433, ya que es la zona menos favorable al encontrarse proxima a las falla de subdicción de placas y expuesta a maremotos.
4. Que la ciudad posea **información geocientífica preliminar en relación a sus condiciones sísmicas**, expresada en mapas desarrollados por el Servicio

- Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN).
5. Que dichos casos aún estén en pie y en uso para acceder a **información actual** y relevante para el estudio de vulnerabilidad sísmica.

En base a la aplicación de los criterios de selección expuestos, se desarrolló un análisis de las regiones, ciudades y casos presentes a nivel nacional (Anexo E). Dicho proceso de datos arrojó como regiones de estudio, la R. del Bío Bío y la R. de Valparaíso, de las cuales se seleccionaron las ciudades de Concepción y San Antonio respectivamente, por sus antecedentes sísmicos, históricos, su accesibilidad, y por último por los avances y disponibilidad en cuanto información sobre los casos.

La tabla presentada resume y expone los aspectos primordiales usados en la selección de las ciudades, y por ende de los casos. De izquierda a derecha, de lo general a lo particular se va acotando la selección en base a los criterios ya mencionados. De igual manera la lectura de derecha a izquierda permite la justificación de los casos seleccionados, de la siguiente manera:

Región	N° de epicentros	N° de epicentros sobre 8.0	N° de ciudades/ comunas en zona sísmica III	N° de establecimientos entre 1937-1965 en la Región	Ciudades que presentan mapas del SERNAGEOMIN	Ciudad más habitada	Hab.	Casos	Año
Valparaíso	5	1	33	29	San Antonio	San Antonio	168 046	Grupo Escolar de Barrancas	1948
								Escuela España	1951
								Liceo Dante Parraguez	1961
Bío Bío	8	1	39	88	Concepción Penco Lebu Arauco Lota Caleta Tubul San Pedro de la Paz Talcahuano,- Chiguayante	Concepción	971 285	Liceo Experimental/ Ex República de Brasil	1940 aprox.
								Colegio Marina de Chile	1956
								Colegio Gran Bretaña	1963

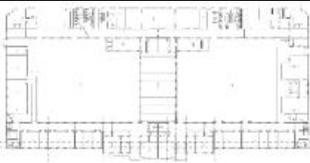
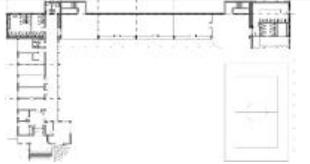
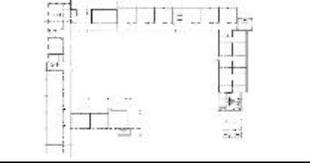
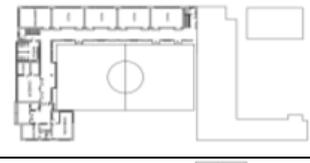
**Tabla 9:** Tabla resumen de selección de casos  
**Fuente:** Elaboración propia

Las ciudades seleccionadas (San Antonio y Concepción) cuentan con al menos tres casos de establecimientos educacionales construidos por la SCEE en el periodo de estudio, poseen el mayor número de habitantes dentro de las ciudades que además contaban con mapas de caracterización sismogeológica del SERNAGEOMIN; se encuentran en la zona sísmica 3 de su correspondiente Región y además fueron afectadas por al menos un terremoto de magnitud igual o superior a 8.0.

Si bien es posible apreciar una gran cantidad de posibles casos por región, varios de ellos actualmente poseen modificaciones constructivas contemporáneas que atentaron con las características histórico-arquitectónicas del establecimiento, mientras que en otros casos la carencia de planos o documentos originales hizo difícil la tarea de ubicar el establecimiento en un año específico, lo cual influyó en que haya sido descartado como caso, o bien, su año de construcción se haya aproximado según las tipologías de diseño de la SCEE, esto de acuerdo a sus características arquitectónico-constructivas similares a los establecimientos que contaban con un año de construcción respaldado o conocido.

El hecho de ser ciudades altamente pobladas influye en la necesidad de infraestructura escolar; además su ubicación geográfica, su configuración urbana y su alta exposición a riesgos, hace a las ciudades seleccionadas probables zonas de catástrofe frente a un terremoto, una de las maneras de mitigar dicha probabilidad es el temprano estudio de sus edificaciones con alto nivel de importancia como son los establecimientos educacionales.

# PRESENTACIÓN DE CASOS

Ubicación	N°	Imagen Establecimiento Escolar	Planimetría	Establecimiento Escolar
SAN ANTONIO	A			Grupo Escolar Escuela Sor Teresa de Los Andes Instituto Bicentenario Javiera Carrera
	B			Escuela España
	C			Liceo Juan Dante Parraguez A-42
CONCEPCIÓN	D			Liceo Experimental Lucila Godoy Alcayaga- Ex Escuela Brasil
	E			Colegio Marina de Chile
	F			Colegio Gran Bretaña

<b>Año</b> E: edificio, PA: Plano Arquitectura, PE: Plano estructura, PI: Plano Instalaciones, EETT, D: Doc Archivo, R: artículo Rev	<b>Vida Útil</b> (años) al 2018	<b>N° de sismos sobre 7,0 Mw</b> N° epic_N° zona	<b>Arquitecto</b>	<b>Tipo</b>	<b>Sistema</b>	<b>N° de Pisos</b>
1948 E	70	1_6	José Aracena	Tradicional	Macizo	3 Pisos
1951 E	67	1_6	José Aracena	Tradicional	Macizo	3 Pisos
1959PA 1961 PE/PA	57	1_6	José Aracena	Tradicional	Macizo	2 Pisos
40'	78 +-	1_7	SCEE	Tradicional	Macizo	3 Pisos
1956 E	62	0_7	José Aracena	Tradicional	Macizo	3 Pisos
1963 D	55	0_2	SCEE	Tradicional	Macizo	3 Pisos

**Tabla 10:** Tabla síntesis de introducción a casos  
**Fuente:** Elaboración en base al archivo FONDECYT

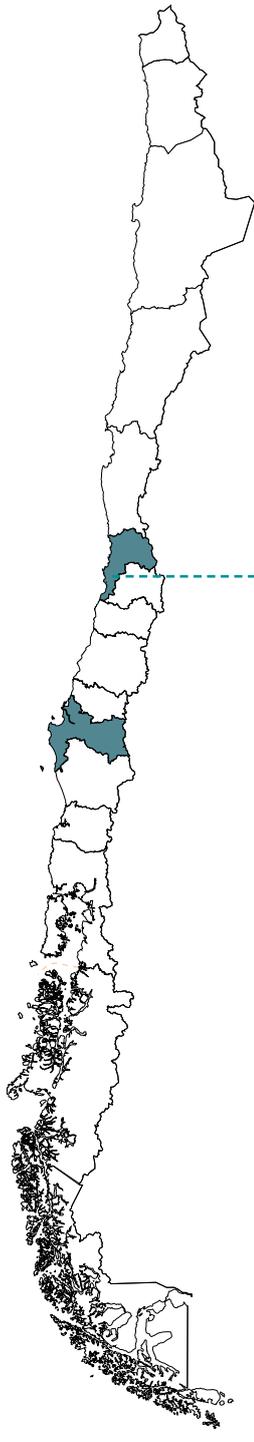
## 3.3 APLICACIÓN DE EVALUACIÓN EN CASOS

### SAN ANTONIO

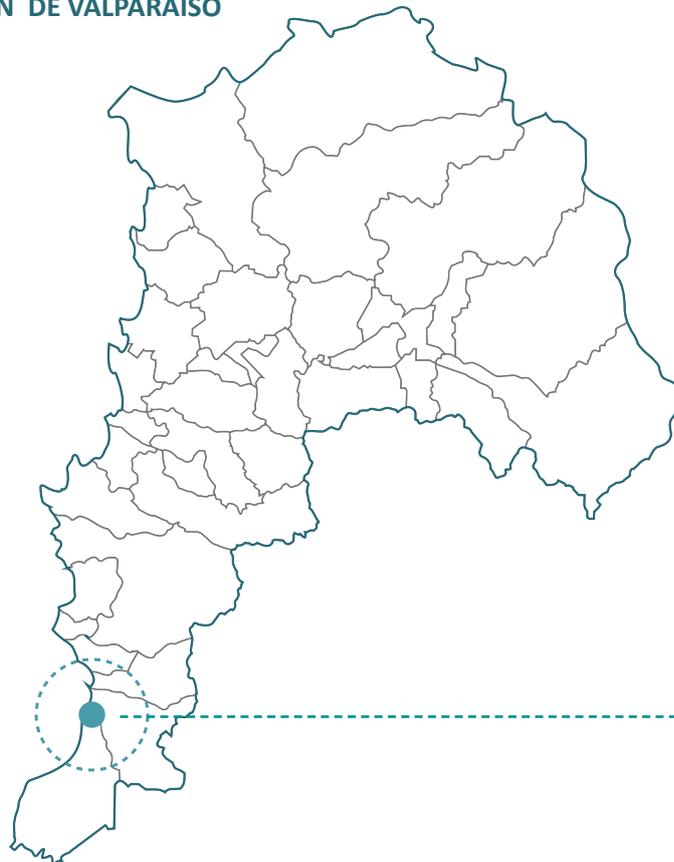
San Antonio es una ciudad y comuna de la provincia homónima de la Región de Valparaíso, cuenta con una superficie de 405 km<sup>2</sup>, una población de 106.255 hab. y, por ende, una densidad de 262.36 hab/km<sup>2</sup>.

Los terremotos de 1981 y 1985 afectaron principalmente a las ciudades costeras del sur de la Región de Valparaíso, entre ellas San Antonio, la que además ha sido afectada por otros terremotos como el del año 2010 a pesar de su lejanía geográfica. Si sumado a lo anterior, consideramos la información generada por el mapa de respuesta sísmica del SERNAGEOMIN, podemos observar que más del 50% de la ciudad posee una condición de suelo con una respuesta regular/mala a los sismos, esto es una de las causas por lo cual el 71% de los establecimientos educacionales sufrieron daños por el terremoto de 1985 (Según informe de la SCEE).

Si además consideramos el registro realizado por el SERVIU, en el cual se da cuenta que para el terremoto del 27 de febrero (27F, 2010) se catastraron 4.817 viviendas con daño menor, 2.700 con daño mayor y 891 con daño irrecuperable, es esperable un nivel de daño o vulnerabilidad similar para los establecimientos educacionales que se registrarán como muestra.



#### REGIÓN DE VALPARAÍSO



**Imagen 40 y 41:** Localización geográfica en el territorio nacional  
**Fuente:** Elaboración propia

Ficha FEMA a utilizar

Muy Alta Sismicidad

Alta Sismicidad

Sismicidad Media-Alta

Mm1

Mm2

Mm3

Mm4

M1

M2

R1

R2

B



Respuesta sísmica

Muy mala1

Muy mala2

Muy mala3

Muy mala4

Mala1

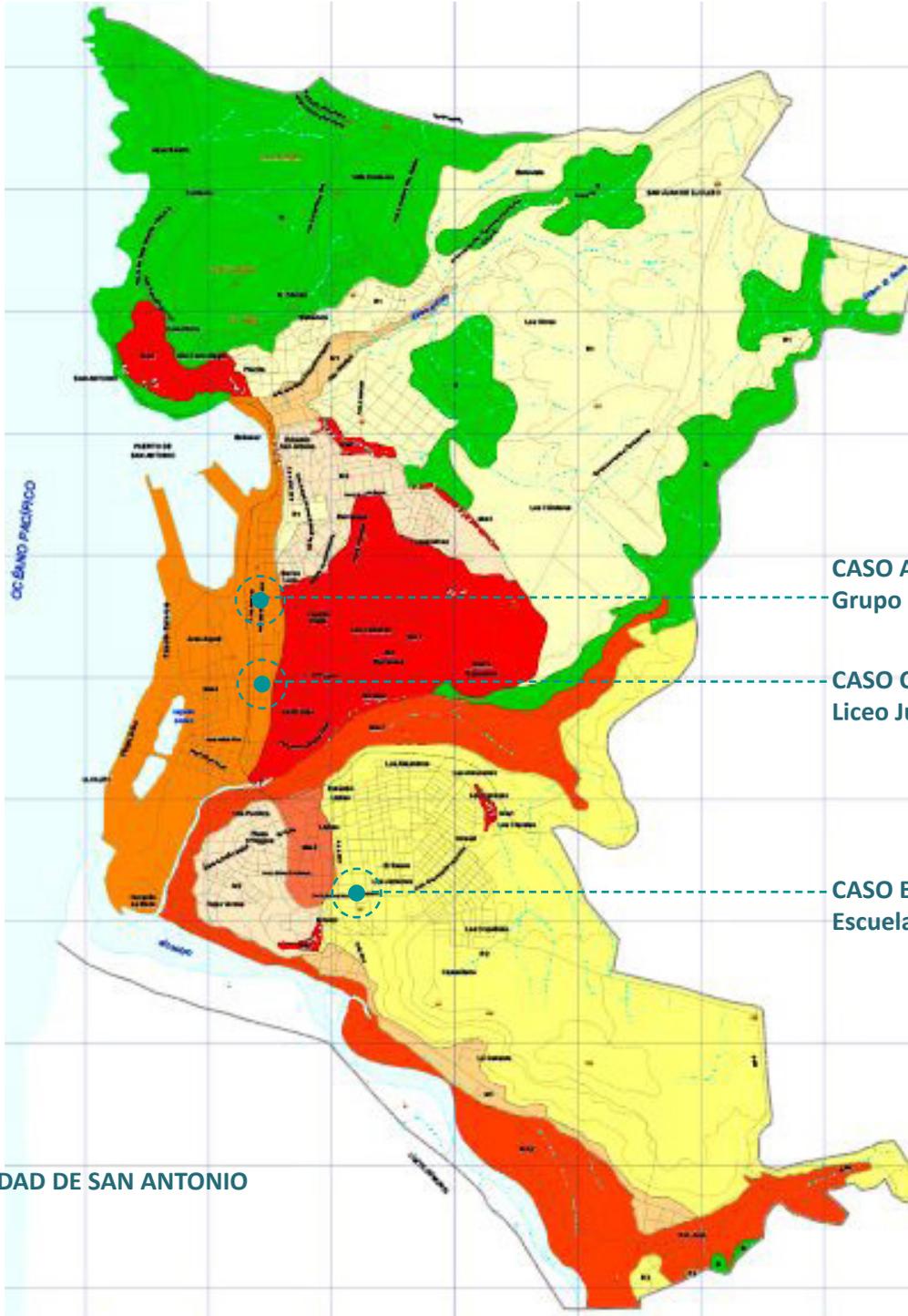
Mala2

Regular1

Regular2

Buena

Los detalles de los tipos de suelos se exponen en el Anexo G



**CASO A**  
Grupo escolar

**CASO C**  
Liceo Juan Dante Parraguez

**CASO B**  
Escuela España

CIUDAD DE SAN ANTONIO

**Imagen 42:** Mapa de respuesta sísmica de la zona de San Antonio  
**Fuente:** <http://www.sernageomin.cl/peligrosgeologicos>

# A.

## GRUPO ESCOLAR EN BARRANCAS (1946)

Establecimiento donde actualmente funcionan la escuela Pedro Aguirre Cerda y el Grupo Escolar Sor Teresa de Los Andes, fue entregado en 1947 a las entonces llamadas Escuela de hombres D482 y Escuela de Niñas D461. En 1987 el establecimiento se volvió mixto, al ocurrir esto, la demanda de aulas fue menor, por lo que gran parte del establecimiento quedó en desuso. En 1997, comenzó el proceso para incorporar la Jornada Escolar Completa, sin embargo, se evitó la ampliación de la infraestructura al retornar el uso a la totalidad del complejo. De esta manera ambas instituciones funcionan independientemente, una en cada sector del edificio, compartiendo sólo el uso del salón de actos.

El establecimiento se encuentra en el corazón del sector de Barrancas, en una zona catalogada con respuesta



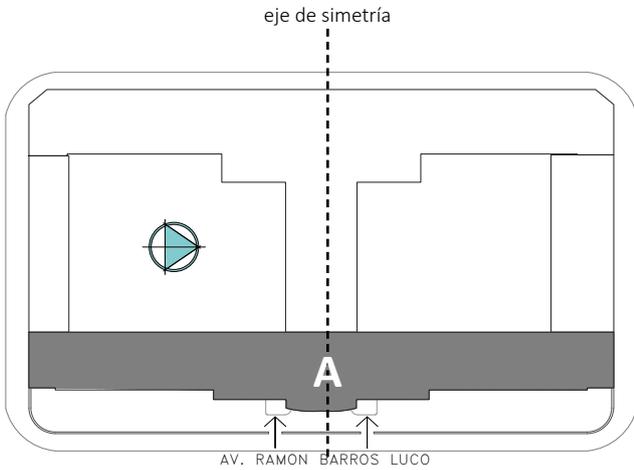
Imagen 43: Ubicación.

Fuente: Elaboración propia en base a google earth.



Imagen 44 : Vista exterior del Grupo Escolar Barrancas

Fuente: Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.

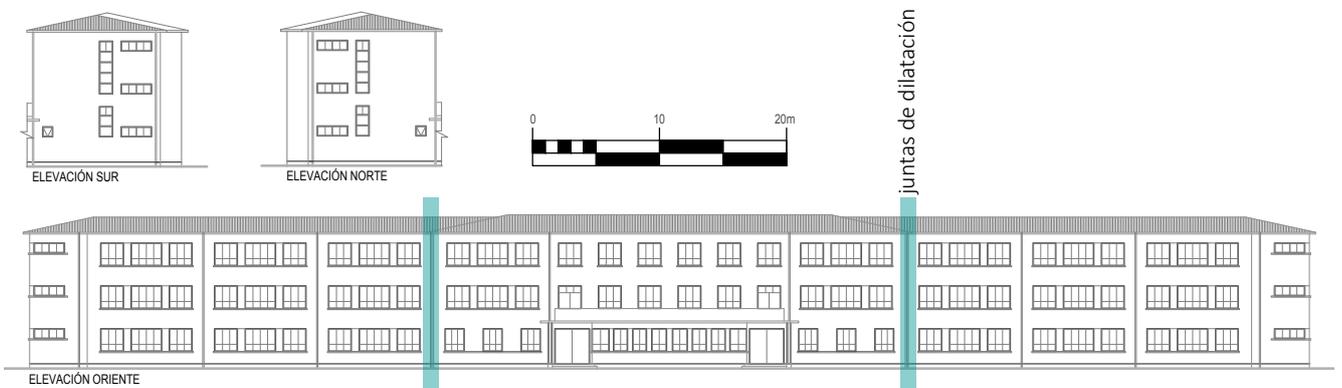


**Imagen 45:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia

sísmica “Muy mala 4” con peligros de licuefacción a causa de depósitos Litorales, Eólicos Actuales y Antrópico, detallado en el Mapa de Respuesta Sísmica desarrollado por el SERNAGEOMIN (Imagen 42). Según las características del suelo, se cataloga como suelo tipo III (Grava o arena no saturada) y dentro de la zonificación sísmica III, según la NCh433.Of96. En el esquema de emplazamiento se puede observar la configuración espacial del establecimiento, sin embargo, para efectos de la presente investigación, se analizará el bloque principal A por la concentración de aulas, la conservación de su arquitectura y morfología arquitectónica, y por la cantidad de niveles (3 niveles superior al resto de los bloques del establecimiento).



**Imagen 45:** Acceso principal Norte, correspondiente al Grupo Escolar Presidente Pedro Aguirre Cerda

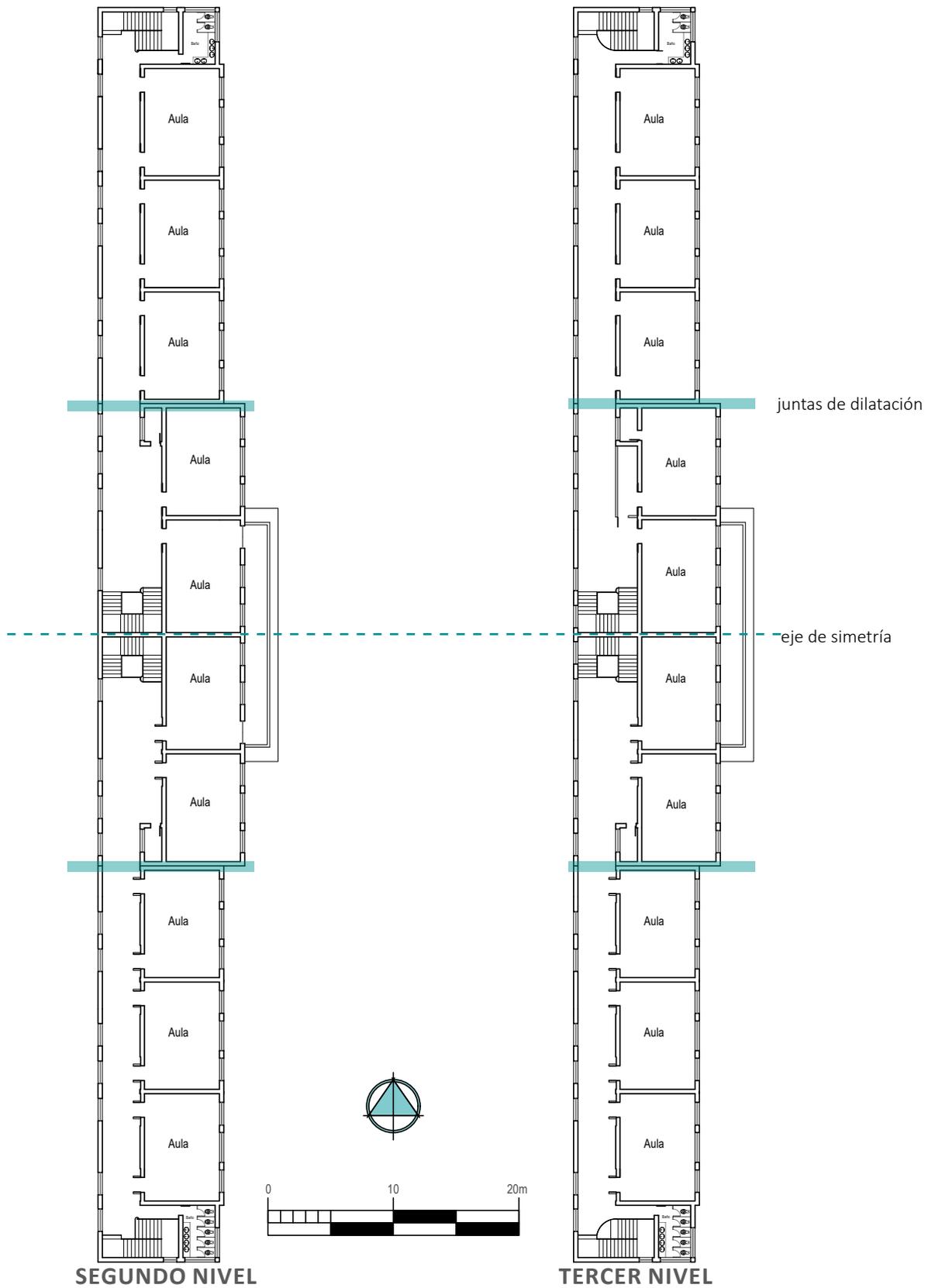


Para este caso se contó con la siguiente información original (1946):  
 Planos de arquitectura / Planos de estructura / EETT

### PLANTAS DE ARQUITECTURA



PRIMER NIVEL



La estructura soportante del edificio corresponde a un sistema mixto con marcos rígidos de hormigón armado y muros reforzados de albañilería de ladrillo.

La distribución espacial es modular y constante en los niveles 2 y 3 del bloque principal, ya que alberga la gran mayoría de las aulas de clases, modificándose levemente el sector central en el primer nivel, debido a los acceso principales de ambas instituciones .

El resto del establecimiento posee una distribución de las dimensiones espaciales en relación al uso de los espacios y una articulación en torno a dos patios centrales que son divididos por el salón de actos.

El bloque principal está emplazado longitudinalmente en sentido norte-sur, con tres cajas de escaleras, una central y una en cada extremo, a un costado de estas últimas se encuentran los servicios higiénicos. Las aulas cuentan con un doble acceso desde la circulación longitudinal que, a su vez, conecta con los patios y el salón de actos en primer nivel. El bloque es simétrico ya que fue diseñado considerando la separación por sexos del establecimiento original, lo que actualmente diferencia y separa a ambas instituciones educacionales.



Imagen 47

Si bien el bloque se separa en tres sectores por juntas de dilatación, respondiendo de cierta manera a las solicitaciones sísmicas. Se analizará la vulnerabilidad sísmica, aplicando una sola ficha FEMA P-154 adaptada al bloque como un solo sistema, ya que el modelo del sistema estructural es igual en los tres cuerpos, las medidas son constantes, modulares y los tres cuerpos tienen tres niveles a la misma altura.

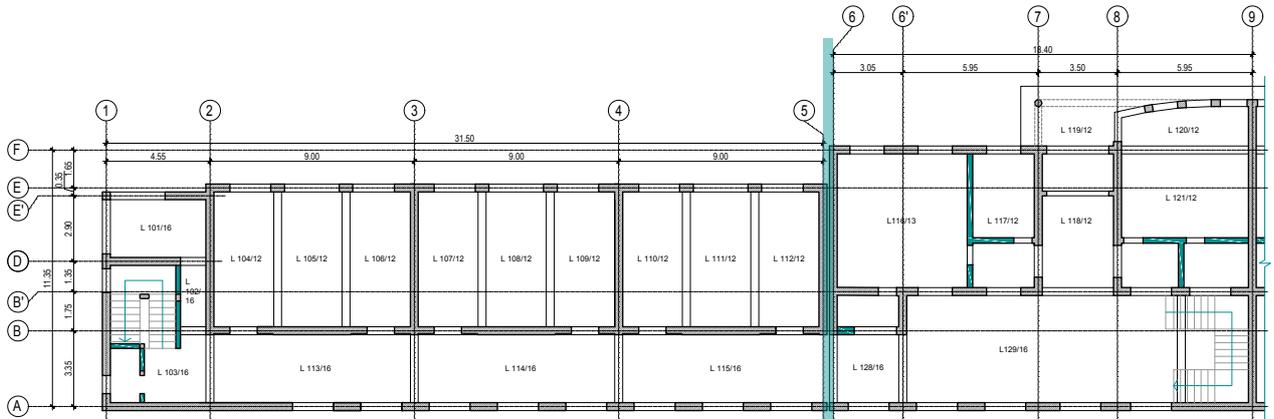
Para simplificar la gráfica y permitir una mejor lectura de las plantas de estructura, se muestra la mitad simétrica del bloque.

El eje A es continuo a lo largo de todo el bloque, mientras que los ejes B, C, E y F se desfasan dependiendo si corresponden al sector central o a los extremos del bloque, transversalmente el único eje con muro continuo y que además corresponde al eje de simetría es el eje 9. Podemos observar además que entre los ejes 5y6 (también entre los ejes 12 y 13, considerando la proyección simétrica del bloque) se encuentran las juntas de junta sísmica, en algunos casos tapadas por listones de madera (imagen 52) o estucadas y pintadas (imagen 45), las cuales según planos originales, corresponden a 2,5cm, separación que no cumple ni con los criterios nacionales de la NCh433.Of96 ni con los criterios estadounidenses del FEMA, generando fallas como las expuestas en las imágenes 53 y 57.

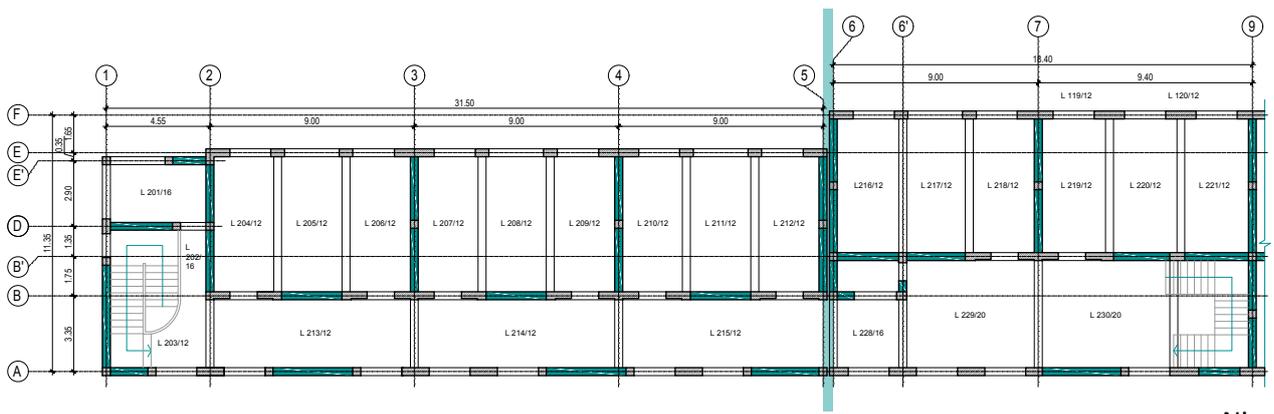


Imagen 46

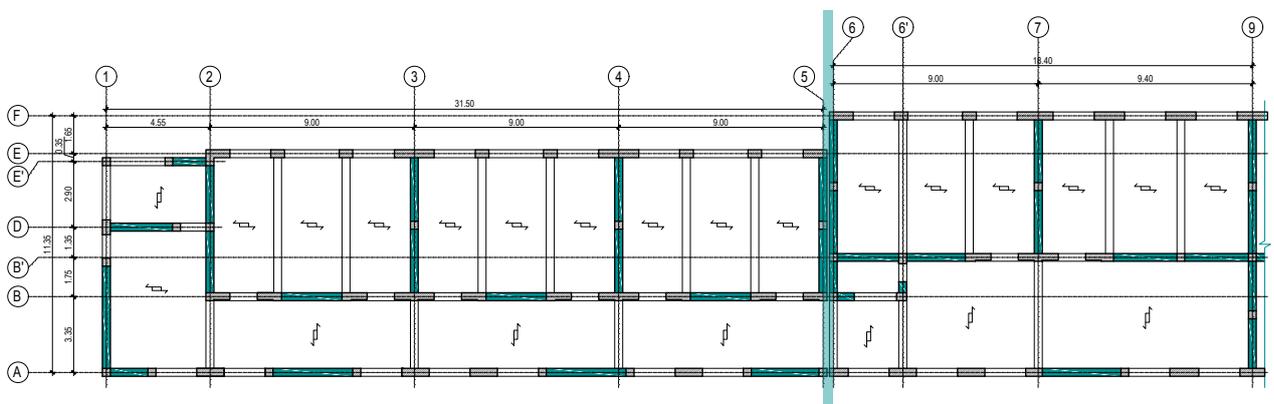
PLANTAS DE ESTRUCTURA



Nivel 1

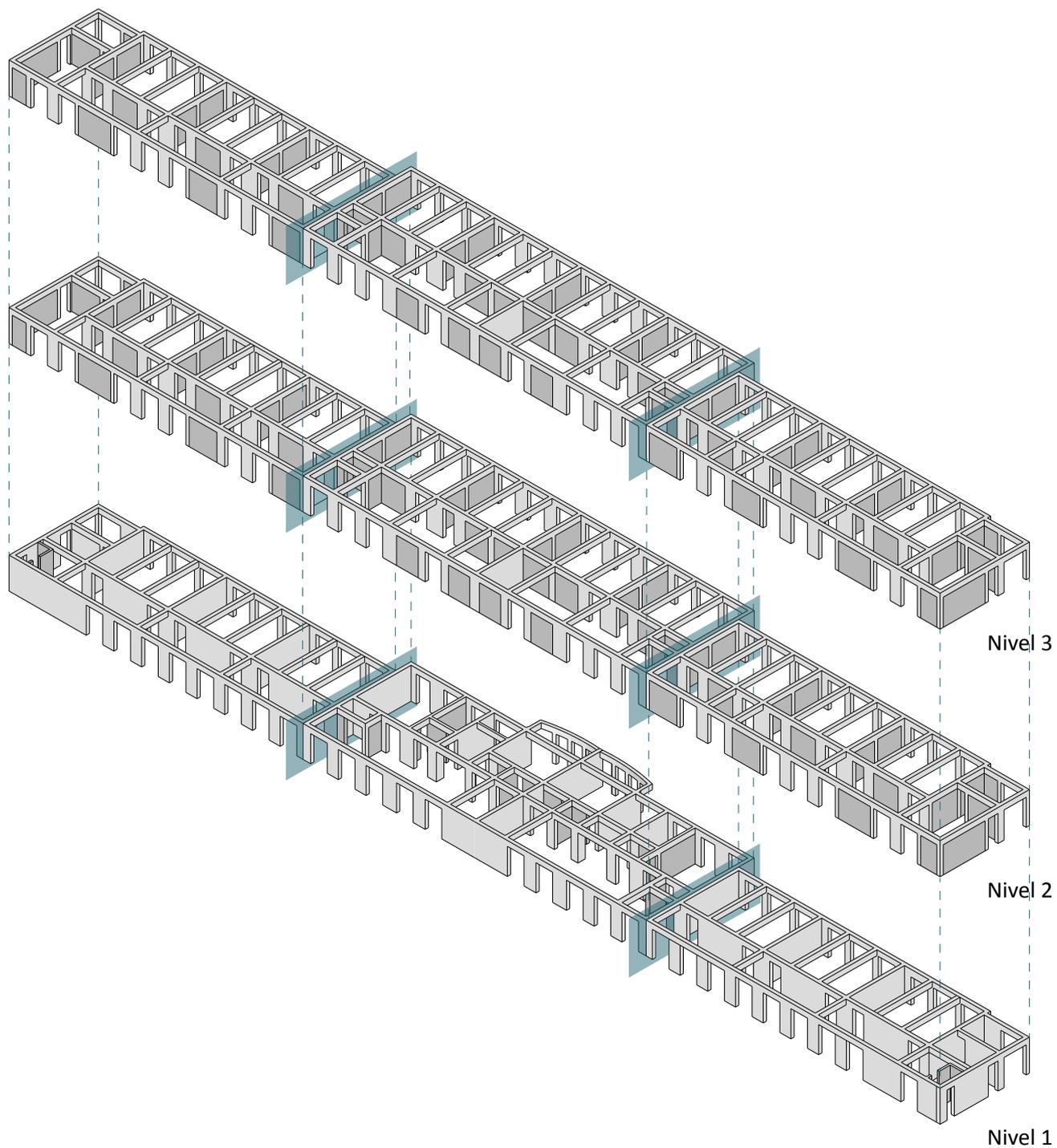


Nivel 2



Nivel 3

- Hormigón Armado
- Vigas
- Albañilería Reforzada
- Vigas invertidas
- Juntas de dilatación



■ Juntas de dilatación

**Imagen 48:** Modelo isométrico del sistema estructural del bloque a analizar

**Fuente:** Elaboración propia



Imagen 49



Imagen 50



Imagen 51

Imagen 53



Imagen 52

Imagen 54



## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.
- Tres cuerpos estructurales separados por juntas sísmicas que conforman un gran bloque de altura constante y niveles coincidentes
- Posee una marcada simetría

### Irregularidades:

- "Retroceso" por la discontinuidad de los elementos verticales en el eje F entre los ejes 7 y 9 en el primer nivel
- Columna corta por la presencia de rellenos que acortan los pilares en los extremos del bloque (imágenes 41 y 47)
- Riesgo de licuefacción

### Daños observados:

- Pérdida de material en elementos no estructurales.
- Grietas en elementos estructurales.
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")



Imagen 55



Imagen 56



Imagen 57



Riesgo Geológico



Golpeteo



Columna Corta



Retroceso



Unión pilar y viga



Redundancia

## RESULTADOS DE APLICACIÓN FORMULARIO FEMA P-154 ADAPTADO

De acuerdo a lo establecido anteriormente por los instrumentos del SERNAGEOMIN y la NCh433.Of96 se utiliza el formulario correspondiente a "Alta sismicidad", se caracteriza el edificio y su suelo de manera general marcando la presencia de riesgo de licuefacción y golpeteo potencial e irregularidad vertical, para posteriormente registrar su tipología constructiva y aplicar los puntajes asignados a irregularidades o condiciones morfológicas según corresponda, obteniendo  $SL_1=0,6$ . Aplicando, por lo tanto la ficha L2, en la cual se detalla de manera más específica las irregularidades morfológicas del edificio; el valor resultante del detalle de las irregularidades y el diseño estructural del edificio es  $SL_2=0,5$ . Todo lo anteriormente mencionado arroja un valor como puntaje total de  $S=1,1$ .

<b>ALTA SISMICIDAD</b>															<b>1,1</b> $S(S_{L1} + S_{L2})$																																																																																																																																																																																	
Dirección: Av. Barros Luco 1945 Barrancas San Antonio-Chile					Riesgos geológicos					Licuefacción <input checked="" type="checkbox"/> Sí / No / S/I					Deslizamiento de tierra <input type="checkbox"/> Sí / No / S/I		Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> Sí / No / S/I																																																																																																																																																																															
Rol SII					Proximidad <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto					Irregularidades					<input type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad)		<input type="checkbox"/> En planta																																																																																																																																																																															
Otros identificadores: Grupo escolar de Barrancas / Bloque oriente					Nombre de edificio: Grupo Escolar en Barrancas					Zona sísmica según NCh433: Zona III					<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados		<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo <input type="checkbox"/> Apéndices																																																																																																																																																																															
Zona sísmica según NCh433: Zona III					Latitud: -33.597.577					Longitud: -71.613.772					<input type="checkbox"/> Otros (especificar)																																																																																																																																																																																	
Terremotos que han afectado el inmueble:					1971- 7.5Ms		1981- 7.5Ms		1985- 8.0Mw		2010- 8.8Mw		2015 -7.4Mw		Ocupación		Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue																																																																																																																																																																															
Evaluador (s): Patricia Gutiérrez					Fecha: 21-12-2018					Nº de pisos: 3					Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____		Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Gobierno <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																															
Año de construcción: 1946					<input type="checkbox"/> EST					Bajo suelo: <input type="checkbox"/> Sobre suelo: 3					Tipo de suelo (según NCh433)		<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input checked="" type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> S/I																																																																																																																																																																															
Área por piso: 9389 m² aprox. cada uno					Área total: 28167 m² aprox.					Ampliaciones: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SÍ, año de construcción: _____					roca <input type="checkbox"/> Grava densa o arena densa <input type="checkbox"/> Grava o arena no saturada <input type="checkbox"/> Suelo pobre <input type="checkbox"/> Si se desconoce, se asume Tipo IV																																																																																																																																																																																	
<b>Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S<sub>L1</sub></b>																																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.</th> <th>F1</th> <th>E</th> <th>A1 (MR)</th> <th>A2 (MAD)</th> <th>G (ML)</th> <th>A3 (MAM)</th> <th>A4 (AS)</th> <th>B1 (MR)</th> <th>B2 (MAM)</th> <th>B3 (AS)</th> <th>I (TU)</th> <th>H</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>F2 (AS)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Puntuación base</td> <td>3.2</td> <td>2.9</td> <td>2.1</td> <td>2.0</td> <td>2.6</td> <td>2.0</td> <td>1.7</td> <td>1.5</td> <td>2.0</td> <td>1.2</td> <td>1.6</td> <td>1.4</td> <td>1.7</td> <td>1.7</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad Vertical Severa, V<sub>L1</sub></td> <td>-1.2</td> <td>-1.2</td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-1.1</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.9</td> <td>-1.0</td> <td>-0.7</td> <td>-0.1</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad Vertical Moderada, V<sub>L1</sub></td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.6</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Irregularidad en planta, P<sub>L1</sub></td> <td>-1.0</td> <td>-1.0</td> <td>-0.8</td> <td>-0.7</td> <td>-0.9</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.6</td> <td>-0.7</td> <td>-0.7</td> <td>-0.4</td> </tr> <tr> <td>Previo a norma 1957</td> <td>-1.0</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>-0.8</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>-0.7</td> <td>-0.1</td> <td>-0.5</td> <td>-0.3</td> <td>-0.5</td> <td>-0.5</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Posterior a norma 1972</td> <td>1.9</td> <td>2.2</td> <td>1.4</td> <td>1.4</td> <td>1.1</td> <td>1.9</td> <td>N/A</td> <td>1.9</td> <td>2.1</td> <td>N/A</td> <td>2.0</td> <td>2.4</td> <td>2.1</td> <td>2.1</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>Suelo tipo I o II</td> <td>0.3</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.6</td> <td>0.1</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.6</td> <td>0.4</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> </tr> <tr> <td>Suelo tipo III (1-3 pisos)</td> <td>0.2</td> <td>0.1</td> <td>-0.2</td> <td>-0.4</td> <td>0.2</td> <td>-0.1</td> <td>-0.4</td> <td>0.0</td> <td>0.0</td> <td>-0.2</td> <td>-0.3</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.1</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>Suelo tipo III (&gt; 3 pisos) o IV</td> <td>-0.6</td> <td>-0.9</td> <td>-0.6</td> <td>-0.6</td> <td>N/A</td> <td>-0.6</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.7</td> <td>-0.3</td> <td>N/A</td> <td>-0.4</td> <td>-0.5</td> <td>-0.6</td> <td>-0.2</td> </tr> <tr> <td>Puntaje mínimo, S<sub>MIN</sub></td> <td>0.9</td> <td>0.7</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.6</td> <td>0.5</td> <td>0.5</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> <td>0.2</td> <td>0.3</td> <td>0.3</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table>																	TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)	Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	Previo a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A	Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)																																																																																																																																																																																	
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0																																																																																																																																																																																	
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7																																																																																																																																																																																	
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4																																																																																																																																																																																	
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4																																																																																																																																																																																	
Previo a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0																																																																																																																																																																																	
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A																																																																																																																																																																																	
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3																																																																																																																																																																																	
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2																																																																																																																																																																																	
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2																																																																																																																																																																																	
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2																																																																																																																																																																																	
<b>PUNTAJES FINALES</b> (debe cumplir: $SL_1 \geq S_{MIN}$ ) <table style="width:100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;"><math>SL_1 = 1.7 - 0.5 - 0.5 - 0.1 =</math></td> <td style="width: 10%; text-align: center; background-color: #d9ead3; border: 1px solid black;"><b>0,6</b></td> <td style="width: 40%;">; superior a S<sub>MIN</sub>, por lo tanto, se aplica formulario L2 como precaución</td> </tr> </table>																	$SL_1 = 1.7 - 0.5 - 0.5 - 0.1 =$	<b>0,6</b>	; superior a S <sub>MIN</sub> , por lo tanto, se aplica formulario L2 como precaución																																																																																																																																																																													
$SL_1 = 1.7 - 0.5 - 0.5 - 0.1 =$	<b>0,6</b>	; superior a S <sub>MIN</sub> , por lo tanto, se aplica formulario L2 como precaución																																																																																																																																																																																														
<b>Extensión de la revisión</b> Exterior: <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó Planos revisados: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Persona de contacto: _____					<b>Otros riesgos</b> <input checked="" type="checkbox"/> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL <sub>2</sub> > corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input checked="" type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural					<b>Acción requerida</b> <input type="checkbox"/> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el corte <input checked="" type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I																																																																																																																																																																																						
<b>¿Se realizó evaluación del formulario L2?</b> <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL <sub>2</sub> = 0,5 <input type="checkbox"/> No <b>¿Daños no estructurales?</b> <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No																																																																																																																																																																																																
<b>Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente:</b> EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce																																																																																																																																																																																																
Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero																																																																																																																																																																																																
<b>TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.</b> Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado. Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado. Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares. Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares. Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado																																																																																																																																																																																																

<b>Nombre del edificio:</b>	Grupo Escolar	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} =$	0,6	(NO considerar S <sub>MIN</sub> )		
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	<i>Irregularidad vertical, V<sub>L1</sub> =</i>	-0,5	<i>Irregularidad en planta, P<sub>L1</sub> =</i> 0		
<b>Fecha y hora:</b>	21-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} \cdot V_{L1}) - (P_{L1}) =$	1,1			
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA							
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "Si" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)				Sí	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.				-1.2	V <sub>L2</sub> = -1 (Máx. -1.2)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.				-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.				-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).				-1.2	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.				-1.2	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.				-0.9	
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior				-0.5	
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.				-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.				-0.5	
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.				-0.3	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.				-0.5	
	Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.				-0.5	
Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.				-0.5			
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.				-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.				-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)				-0.7		
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.				-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.				-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.				-0.2		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta				-0.4		
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.				-0.7		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.				+0.3	M = +0.4	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:		Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-1.0			
			Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	(Máx total de golpeteos modificadores en -1.2) -1.0			
			El edificio está en el extremo del bloque.	-0.5			
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostamientos diagonales) es visible.				-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.				-0.4		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).				+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)				+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.				-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.				+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, S<sub>L2</sub> = (S' + V<sub>L2</sub> + P<sub>L2</sub> + M) ≥ S<sub>MIN</sub>:</b>		<b>0,5</b>		<b>(transferir al formulario L1)</b>			
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO							
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.							
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES							
Ubicación	Declaración ( Compruebe "Si" o "No")			Sí	No	Comentarios	
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.						
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.						
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.						
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.						
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.						
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.						
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:						
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca						
Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:							
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)							
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes			Se recomienda una evaluación no estructural detallada			
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes			pero no requiere una evaluación no estructural detallada			
<input checked="" type="checkbox"/>	poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes			No requiere evaluación no estructural detallada			

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO

La cifra arrojada por la ficha, significa que el edificio tiene una probabilidad de 1 en 12.6 de presentar de colapso **en alguno de sus elementos**, situación que ya se ve reflejada en las lesiones evidenciadas en las fotografías.

Recorriendo el establecimiento se encuentran diferentes lesiones atribuibles a la falta de resistencia frente a los esfuerzos de corte sísmico en los planos de los muros y de flexiones por esfuerzos perpendiculares a los muros. Como ejemplo se aprecian grietas diagonales en muros con vanos (imagen 52) debidas en parte por la ausencia de confinamiento en muros reforzados de albañilería, grietas en vigas (imagen 59) y pérdida de material en dinteles y alféizar de ventanas (imagen 56). Por último podemos observar la diferencia de conservación y mantenimiento del edificio por parte de ambas instituciones en las imágenes 58 y 60.

Como fue mencionado anteriormente, y como se ve en el análisis de resultados, este establecimiento está lejos de cumplir con las dimensiones mínimas de una junta de dilatación funcional respecto a la altura del edificio. Además, las dimensiones de extensión longitudinal del edificio influyen en las fallas presentes en el edificio, a esto se suma la diferencia en la distribución de masa en planta que se observa entre los ejes A-B-B' en comparación con los ejes E-F, lo que genera una posible torsión frente a un evento sísmico.

Si bien el establecimiento presenta riesgo de licuefacción, según el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, no se ven fallas evidentes atribuibles a esta condición, se considera que la altura y rigidez constante son la razón del buen estado del inmueble en comparación con el caso C a pesar de estar a menos de 200m de distancia y en las mismas condiciones de terreno.



Imagen 58



Imagen 59



Imagen 60

## B. ESCUELA ESPAÑA (1951)

El establecimiento donde actualmente funciona la Escuela España, fue entregado en Agosto de 1951. El aumento en la matrícula y los cambios en la jornada escolar han influido en la construcción de nuevos volúmenes complementarios. Sin embargo, el bloque principal de la escuela mantiene su diseño y construcción moderna y en gran medida, su condición original.

El establecimiento se encuentra en el sector de Llo-Lleo en una zona catalogada con respuesta sísmica "Regular 2", según el Mapa de Respuesta Sísmica desarrollado por el SERNAGEOMIN (Figura 39), tipo de suelo III (Grava o arena no saturada ) y además, se emplaza dentro de la zonificación sísmica III de la NCh433.Of96. Por otra parte, el Local escolar se ubica en un sector con un marcada pendiente en sentido paralelo a la mayoría de los bloques.

La estructura soportante corresponde a un sistema mixto de marcos rígidos en base a pilares y vigas de hormigón armado y muros reforzados de albañilería de ladrillo. El bloque central de tres niveles, posee una modificación menor, la cual corresponde al cierre del patio techado, en el primer nivel, para la habilitación de una biblioteca y una sala de estudios.

Centrado en lo pertinente a la arquitectura y sus características estructurales, a continuación se presentará el establecimiento, contextualizándolo para un posterior análisis de vulnerabilidad sísmica.



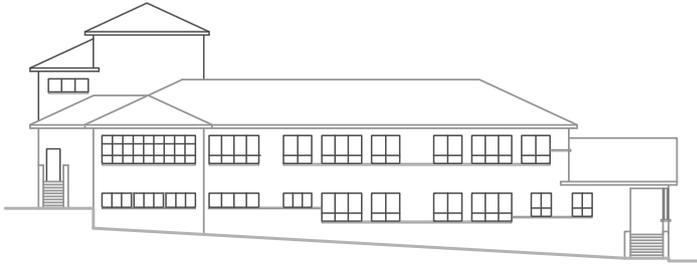
Imagen 61: Ubicación.

Fuente: Elaboración propia en base a google earth.

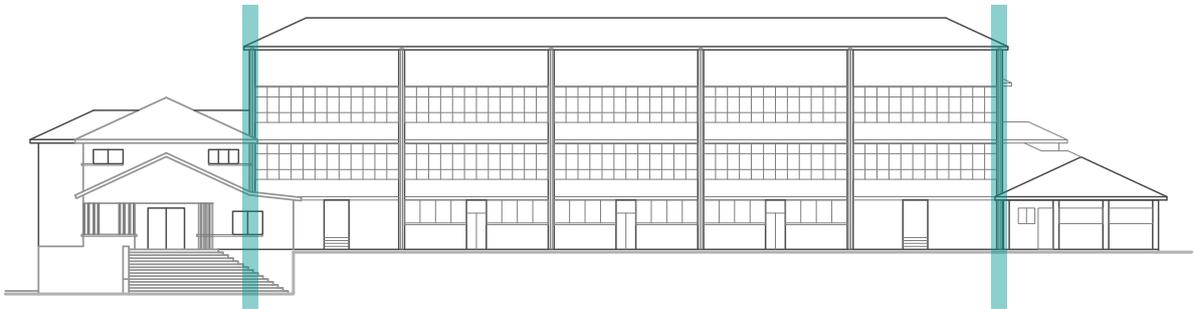


Imágenes 62: Vista del acceso principal y parte de la escuela España

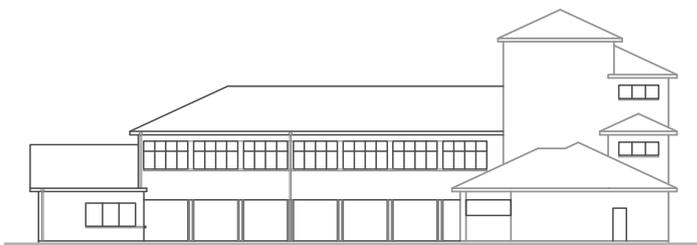
Fuente: Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.



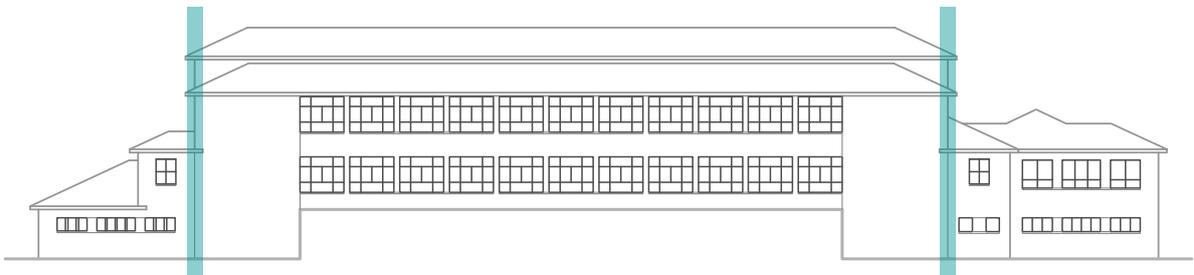
ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN PONIENTE



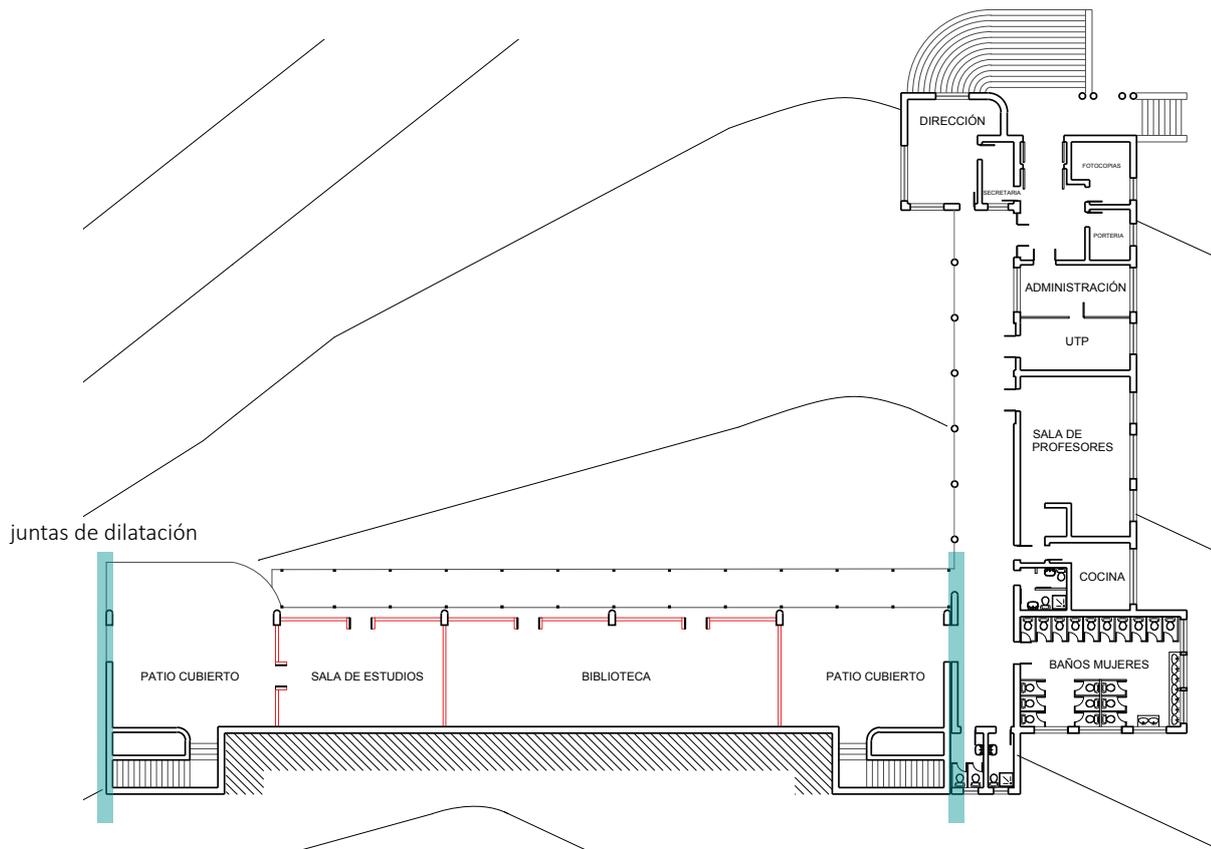
ELEVACIÓN SUR



ELEVACIÓN ORIENTE

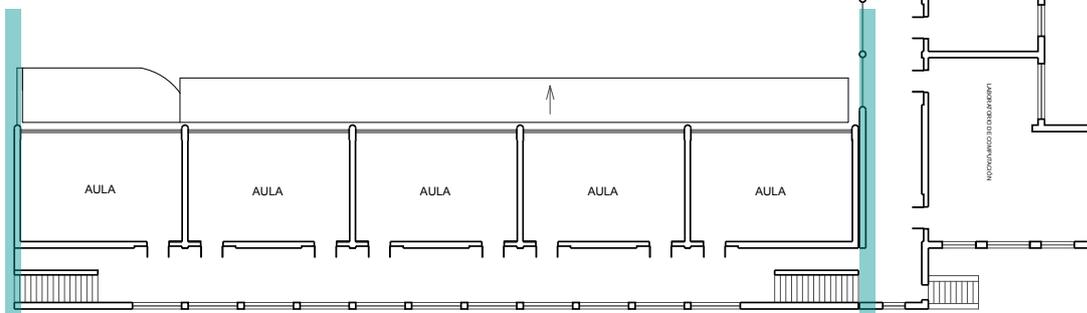
*Para este caso se contó con la siguiente información original (1951):  
Planos de arquitectura / Planos de estructura / EETT*

### PLANTAS DE ARQUITECTURA

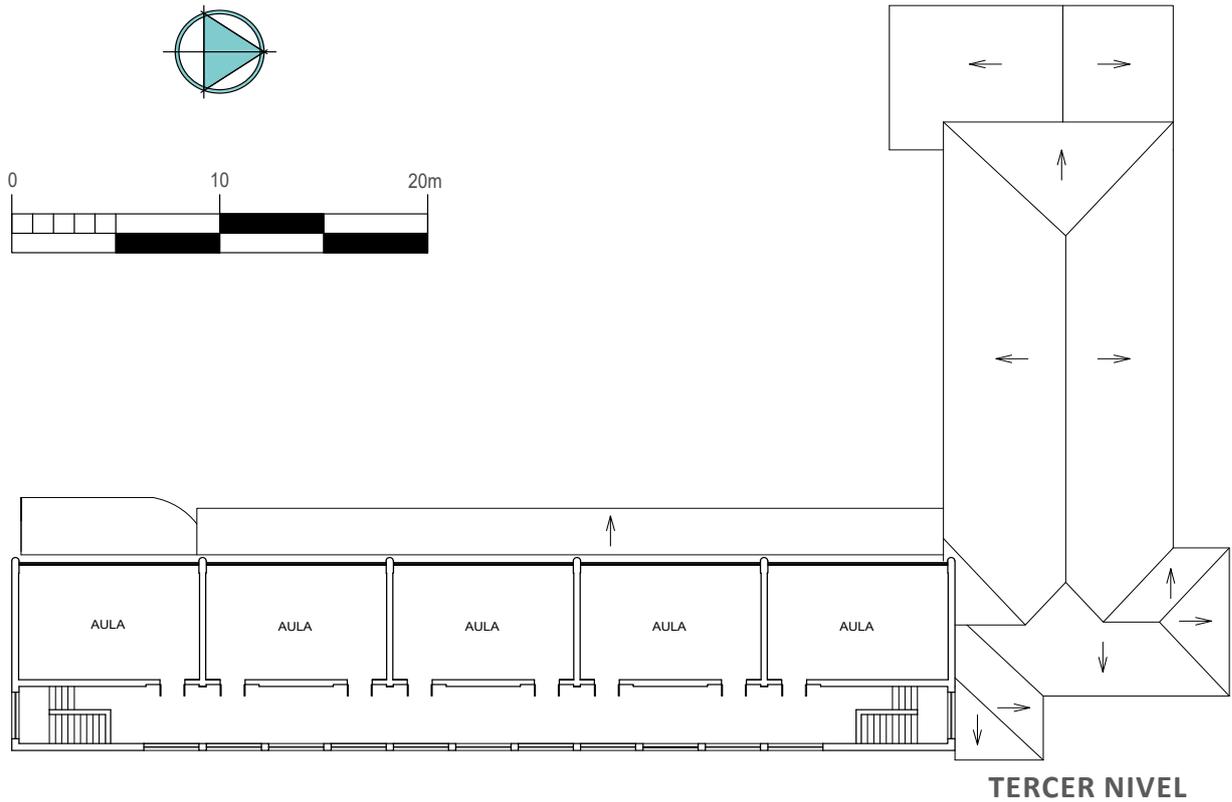


PRIMER NIVEL

juntas de dilatación

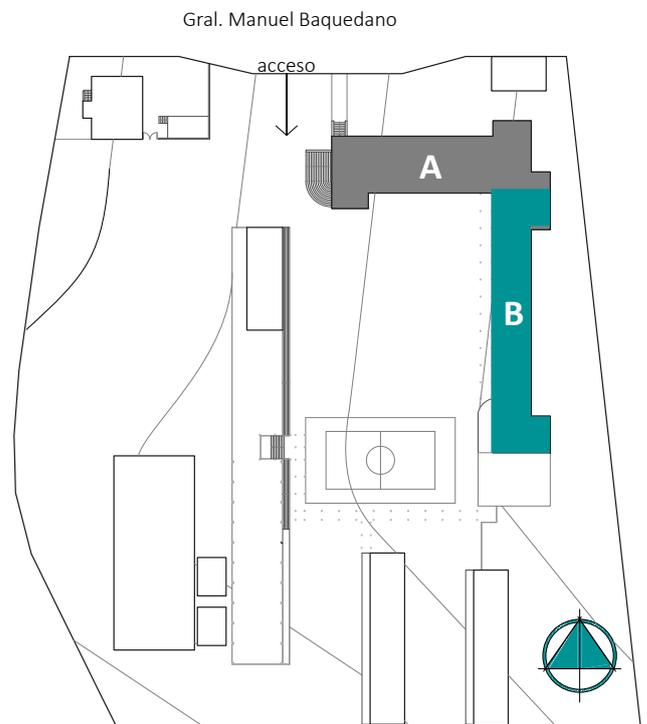


SEGUNDO NIVEL



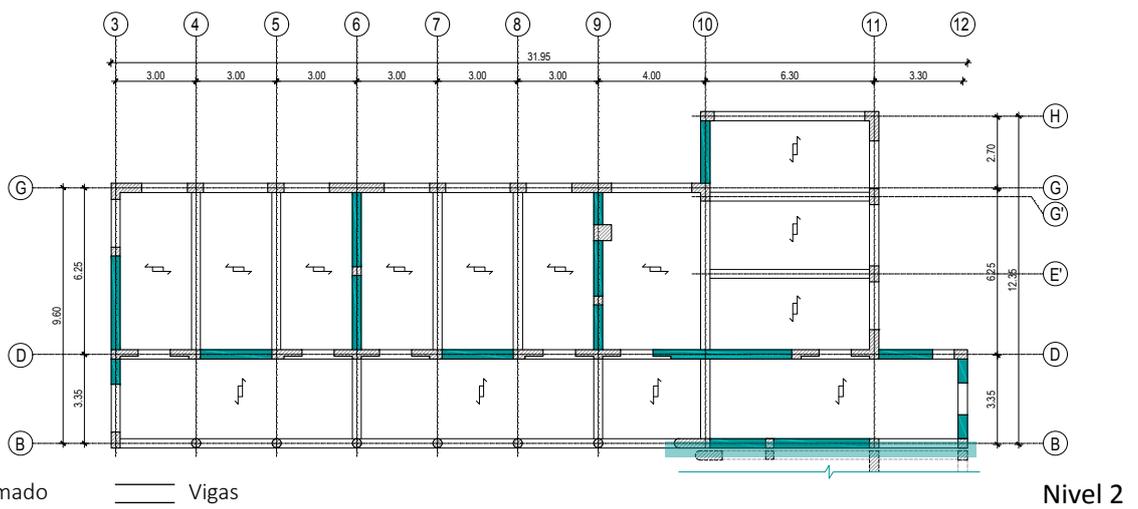
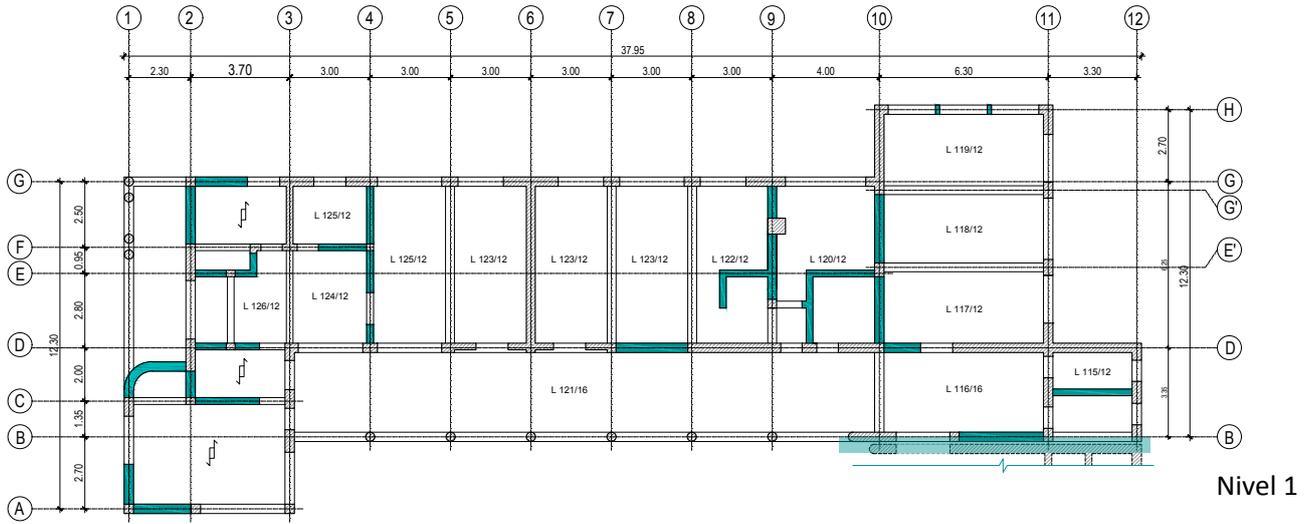
En el esquema de emplazamiento se puede observar la configuración espacial total del establecimiento, sin embargo, para efectos de esta investigación se analizarán los bloques A y B, principalmente por su data y características arquitectónicas compatibles con el objetivo de la investigación. Se considera la división representada de los bloques según la presencia de juntas de dilatación sísmica, la diferencia de niveles, la relación con la topografía y las diferencias en el sistema estructural según planos originales consultados.

En las plantas de arquitectura podemos observar la distribución modular de los niveles superiores, mientras que el primer nivel del bloque A posee una mayor división, donde las dimensiones de los espacios dependen del uso de éstos, contando con un pasillo de acceso y circulación longitudinal a los bloques, siempre respetando los ejes estructurales principales. Se desarrollarán las plantas principales de estructura por bloque y un modelo estructural isométrico para tener en cuenta la configuración del sistema soportante en el análisis; se aplicará la evaluación de vulnerabilidad a los bloques A y B por separado por poseer condiciones diferentes entre sí.



**Imagen 63:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia

### PLANTAS DE ESTRUCTURA BLOQUE A



Fuente: Elaboración propia

El sistema estructural del bloque A es en base a la repetición rítmica y modular de marcos rígidos de Hormigón Armado, contando en sectores con muros de H.A. y en otros con muros de albañilería reforzada. El bloque A cuenta con mayor rigidez en su eje central D, el cual se orientan en sentido perpendicular a la pendiente.

En el diseño original las circulaciones en primer piso se consideraban dentro de la volumetría por lo que uno de los ejes laterales se compone en su mayoría de pilares o columnas posicionando dicha circulación bajo la losa del segundo nivel, este diseño afecta a la simetría, tanto en la forma de la planta como en la distribución de la rigidez, lo que a su vez influye en la excentricidad entre los centros de masa y rigidez, generando torsión en la estructura frente a un evento sísmico.



Imagen 64



Imagen 65



Imagen 66



Imagen 67

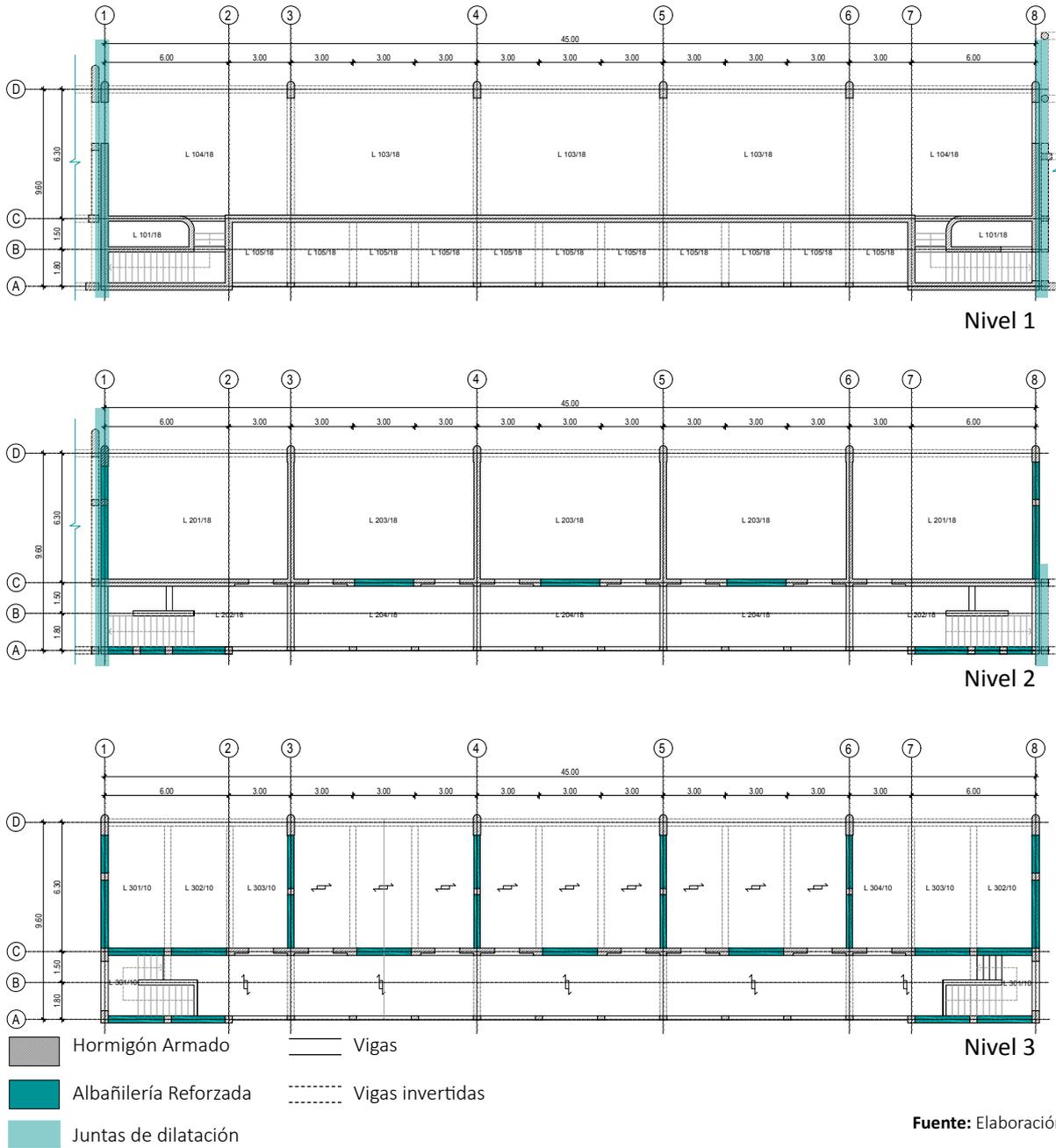
Imagen 68



Imagen 69



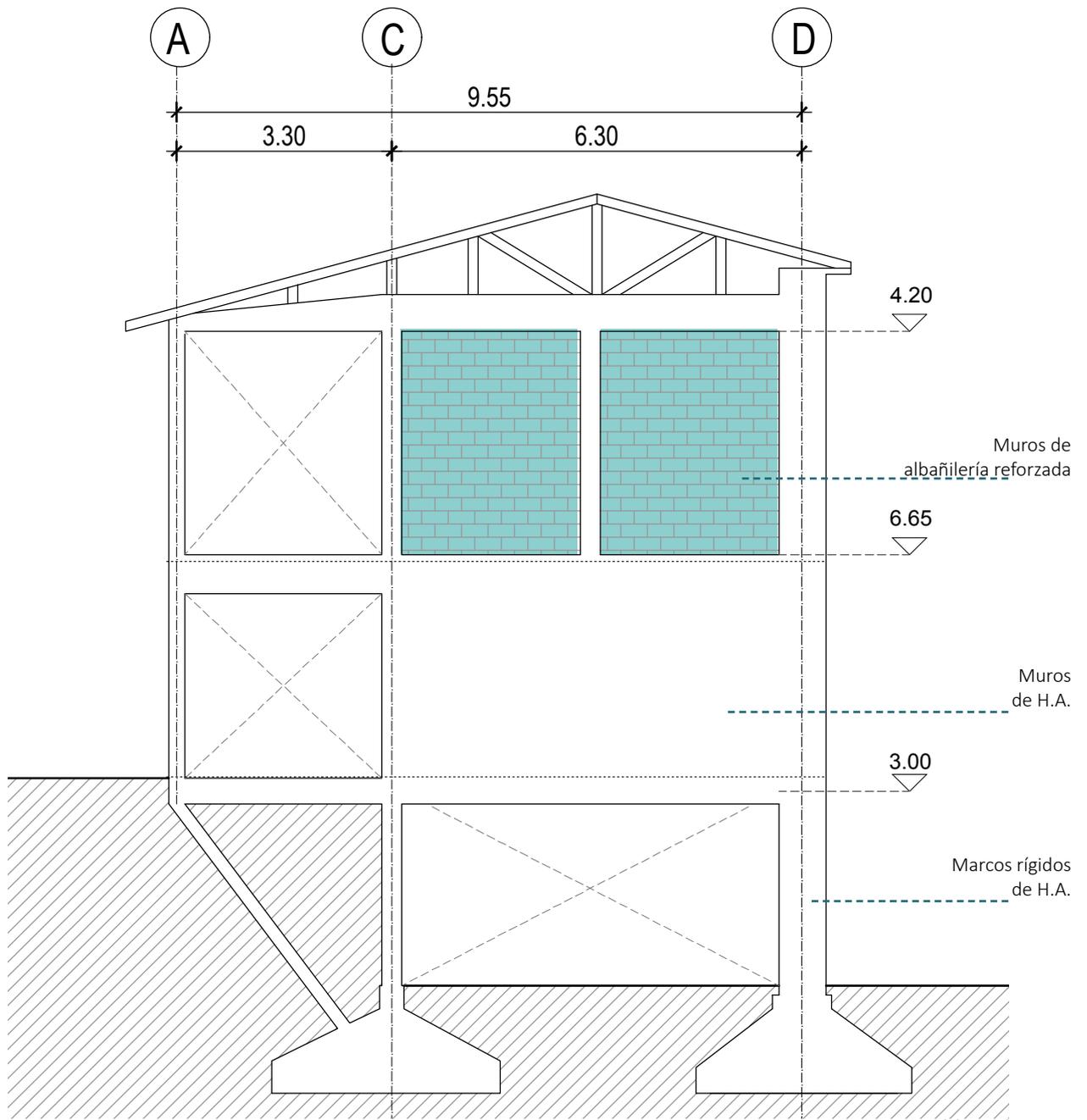
### PLANTAS DE ESTRUCTURA BLOQUE B



La distribución irregular se presenta de mayorente en sentido vertical en el bloque B al contar con una diferencia considerable de rigidez y materialidad como se puede ver en la elevación del eje 4 (Figura p. 91).

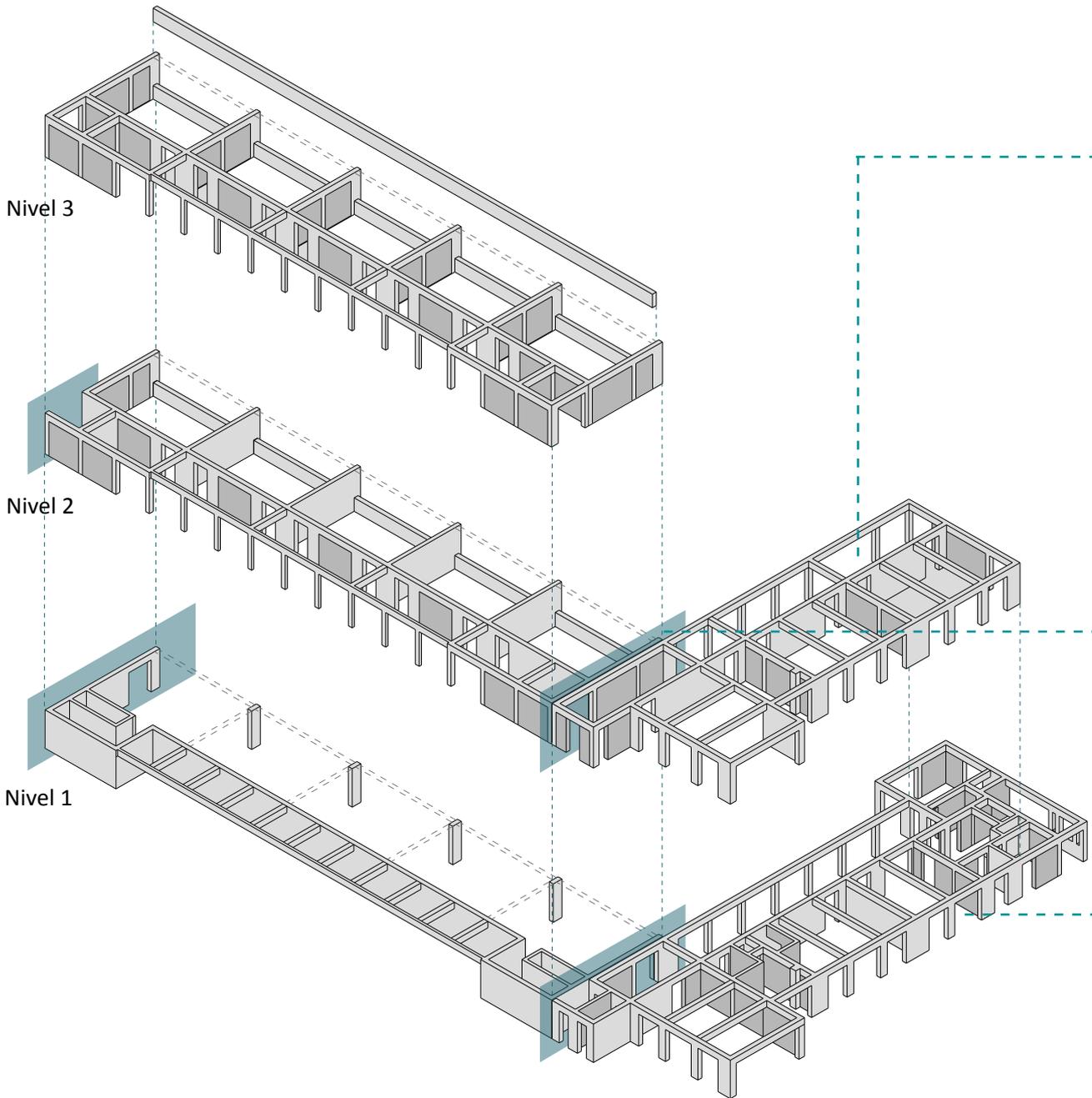
El bloque B se emplaza de manera paralela a la cota, contando con un muro de contención presente mayoritariamente en el eje C del primer nivel, mientras que en el eje A cuenta con un refuerzo estructural de diagonales de H.A. que descargan a las fundaciones (Figura p.91), aportando al soporte de las cargas estáticas de los pisos superiores

ELEVACIÓN ESTRUCTURAL EJE 3-4-5-6 DEL BLOQUE B



Fuente: Elaboración propia

frente a un posible deslizamiento del suelo en contacto con el muro de contención. Por otra parte, a pesar de la modificación en el primer nivel, comentada anteriormente, la estructura presente en el eje D no fue modificada, ya que los cerramientos incorporados se consideran no estructurales, sin embargo, fue necesaria la incorporación de una cubierta liviana de estructura independiente que no será analizada, cuya función es unir la circulación de los bloques analizados con el resto del establecimiento.



Juntas de dilatación

**Imagen 70:** Modelo isométrico del sistema estructural del bloque a analizar  
**Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 71



Imagen 72



Imagen 73

## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO A

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN (Figura 39), se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares, vigas y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio ("Redundancia")
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos
- Presencia de juntas sísmicas con distanciamiento adecuado.

### Irregularidades:

- Altura irregular
- Excentricidad
- Irregularidad en juntas de dilatación (Sin embargo no implica "Golpeteo")
- Riesgo de deslizamiento de tierra

### Daños observados:

- Pérdida de material en elementos no estructurales.
- Grietas en elementos estructurales.
- exposición de enfierradura en elementos estructurales de H.A.



Sitio en Pendiente



Torsión



Unión pilar y viga



Redundancia

## APLICACIÓN FORMULARIOS FEMA P-154 ADAPTADO EN BLOQUE A

En base al mapa de respuesta sísmica desarrollado por el SERNAGEOMIN y la aplicación de la tipología de terreno de la NCh433Of.96 se utiliza la ficha FEMA correspondiente a "Sismicidad Media-Alta" para los dos bloques, separándolos en A y B, primero se caracteriza y contextualiza el inmueble, considerando por ejemplo el riesgo geológico de un deslizamiento de terreno por la pendiente presente en ambos bloques por igual, diferenciándolos por su área y posterior análisis.

En base a lo antes mencionado y la consideración de las regularidades e irregularidades expuestas, es que el bloque A obtiene una puntuación  $S_{L1}=0.3$  y  $S_{L2}=1.0$ , por lo tanto un total de  $S=1.3$ , considerando a éste bloque como poco vulnerable ya que se encuentra cercano al valor de corte, presentando una posibilidad de 1 en 37 de presentar colapso en **alguno de sus elementos**.

**1,3**  
 $S(S_{L1} + S_{L2})$

**SISMICIDAD MEDIA-ALTA**

Dirección: General Manuel Baquedanos 581, San Antonio, Región de Valparaíso		Riesgos geológicos	Licuefacción <input type="checkbox"/> Sí/No/S/I	Deslizamiento de tierra <input type="checkbox"/> Sí/No/S/I	Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> Sí/No/S/I
RBD : Nº 2019-2		Proximidad	<input type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto		
Otros identificadores		<b>Bloque A</b>			
Nombre de edificio		Irregularidades <input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad): Edificio en pendiente, cambio de nivel y columna corta			
Zona sísmica según NCh433		<input type="checkbox"/> En planta			
Zona III		Riesgos exteriores de caída			
Latitud: -33.617.671		Longitud: -71.607.288		<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados	
Terremotos que han afectado el inmueble:		1971- 7.5Ms		1985- 8.0Mw	
Evaluador (s) Patricia Gutiérrez		Fecha 16-12-2018		Apéndices <input type="checkbox"/>	
N° de pisos: 2		Año de construcción 1951		<input type="checkbox"/> EST	
Bajo suelo 0		Sobre suelo: 2		Ocupación	
Área por piso 326 m <sup>2</sup> aprox. por piso		Área total 652 m <sup>2</sup> aprox.		Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue	
Ampliaciones <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:		Tipo de suelo (según NCh433)		Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Gubernamental	
		<input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input checked="" type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> S/I		Residencial, número de unidades: _____	
		roca Grava densa o arena densa Grava o arena no tarurada Suelo pobre		Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____	

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S <sub>L1</sub>															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5
Previo a norma 1957	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1
Posterior a norma 1972	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2

**PUNTUACIÓN FINAL** (debe cumplir  $SL1 \geq S_{MIN}$ )  $SL1 = 1.8 - 0.7 - 0.5 - 0.4 = 0.2$ ; menor a  $S_{MIN}$ , se considera  $S_{MIN} = 0.3$  y se aplica formulario L2

<p><b>Extensión de la revisión</b></p> <p>Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo</p> <p>Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó</p> <p>Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p> <p>Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN</p> <p>Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN</p> <p>Persona de contacto: _____</p> <p><b>¿Se realizó evaluación del formulario L2?</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, S<sub>L2</sub> = 1,0 <input type="checkbox"/> No</p> <p><b>¿Daños no estructurales?</b> <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No</p>	<p><b>Otros riesgos</b></p> <p>¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada?</p> <p><input type="checkbox"/> Golpeteo potencial (Excepto si SL2 &gt; corte, si se conoce)</p> <p><input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto</p> <p><input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV</p> <p><input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural</p>	<p><b>Acción requerida</b></p> <p>¿Se requiere una evaluación estructural detallada?</p> <p><input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio</p> <p><input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos o igual que el mínimo</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <span style="float: right;">Deterioros en vanos de ventanas y grietas en muros</span></p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno)</p> <p><input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada.</p> <p><input type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> S/I</span></p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente:** EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero

**TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.**

Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.

Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.

Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.

Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.

Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.

Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.

Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.

<b>Nombre del edificio:</b>	Escuela España	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} = 0.2$	(NO considerar $S_{MIN}$ )		
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} = 0$	Irregularidad en planta, $P_{L1} = 0.7$		
<b>Fecha:</b>	16-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - (V_{L1}) - (P_{L1})) = 0.9$			
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			Si	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-1.3	$V_{L2} = 0$ (Máx. -1.3)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.			-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).			-1.3	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.			-1.3	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.			-1.0	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior			-0.5	
	Retroceso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.			-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.			-0.5	
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.			-0.3	
B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.			-0.5			
Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortar la columna.			-0.5		
	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.			-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical severa que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical moderada que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.			-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0.8	$P_{L2} = -0.8$ (Máx. -1.3)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.3		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0.4		
Redundancia	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0.8		
Golpeteo	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+0.3	$M = 0.9$	
	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 0,5% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-1.0		
		Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.		-1.0		
		El edificio está en el extremo del bloque.		-0.5		
(Máx. total de golpeteos modificadores en -1.3)						
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0.5		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>		<b>1</b> (transferir al formulario L1)				
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> NO						
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")			Si	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					Desprendimiento del revestimiento en zonas, exponiendo la armadura del H.A.
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclor o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:					Alféizar y vano en ventanas con pérdida considerable de material
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:					
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input type="checkbox"/>	Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada			
<input checked="" type="checkbox"/>	Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada			
<input type="checkbox"/>	poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada			

## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO B

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN (Figura 39), se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares, vigas y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio ("Redundancia")
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos

### Irregularidades:

- Excentricidad
- Geometría del volumen, alargado y mas alto que ancho
- Columna corta por relleno de albañilería no estructural en primer nivel (Imagen 71)
- Irregularidad de materialidad y rigidez vertical (Figura p.93)
- Irregularidad en juntas de dilatación (Sin embargo, no implica "Golpeteo")
- Riesgo de deslizamiento de tierra

### Daños Observados:

- exposición de enfierradura en elementos estructurales de H.A.
- Pérdida de material en elementos no estructurales.
- Grietas en elementos estructurales.



Imagen 74



Imagen 75

Imagen 76



Riesgo Geológico



Sitio en Pendiente



Columna Corta



Nivel Blando



Torsión



Unión pilar y viga



Redundancia

### APLICACIÓN FORMULARIOS FEMA P-154 ADAPTADO EN BLOQUE B

Por otra parte, el análisis del bloque B, considerando las irregularidades expuestas, potencial golpeteo y estado actual arroja una puntuación de SL1= 0.3 y de SL2= 0.3, por lo tanto un puntaje total de S=0.6 considerandolo altamente vulnerable ya que tiene una probabilidad de 1 en 4 de presentar colapso en algún elemento estructural, por ende se considera altamente vulnerable y se hace necesaria una evaluación estructural detallada.

**0,6**  
S (S<sub>L1</sub> + S<sub>L2</sub>)

**SISMICIDAD MEDIA-ALTA**

<b>Dirección:</b> General Manuel Baquedanos 581, San Antonio, Región de Valparaíso		<b>Riesgos geológicos</b> Licuefacción <input type="checkbox"/> SI/No/ SI/ No Deslizamiento de tierra <input type="checkbox"/> SI/No/ SI/ No Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> SI/No/ SI/ No													
<b>Rol SII</b> RBD : Nº 2019-2		<b>Proximidad</b> <input type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto													
<b>Otros identificadores</b> <b>Bloque B</b>		<b>Irregularidades</b> <input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad): Edificio en pendiente, cambio de nivel y columna corta <input type="checkbox"/> En planta													
<b>Nombre de edificio</b> <b>D-481 Escuela España</b>		<b>Riesgos exteriores de caída</b> <input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados <input type="checkbox"/> Apéndices <input type="checkbox"/> Otro (especificar) <b>desprendimiento de alféizar</b>													
<b>Zona sísmica según NCh433</b> Zona III		<b>Ocupación</b> Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue <input type="checkbox"/> Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> <b>Educativa</b> <input type="checkbox"/> Gubernamental <input type="checkbox"/> Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____													
<b>Latitud:</b> -33.617.671	<b>Longitud:</b> -71.607.288	<b>Tipo de suelo (según NCh433)</b> <input type="checkbox"/> I roca <input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV													
<b>Terremotos que han afectado el inmueble:</b> 1971- 7.5Ms 1981- 7.5Ms 1985- 8.0Mw 2010- 8.8Mw 2015 - 7.4Mw		<b>Ampliaciones</b> <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción: s/i													
<b>Evalúador (s)</b> Patricia Gutiérrez	<b>Fecha</b> 16-12-2018	<b>Nº de pisos:</b> 3 <b>Año de construcción</b> 1951 <input type="checkbox"/> EST													
<b>Bajo suelo</b> <input type="checkbox"/> Sobre suelo: 3	<b>Área por piso</b> 344/ 450 /450 m <sup>2</sup> aprox. por piso	<b>Área total</b> 1244 m <sup>2</sup> aprox.													
<b>Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S<sub>L1</sub></b>															
<b>TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.</b>	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5
Previo a norma 1957	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1
Posterior a norma 1972	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3
<b>Puntaje mínimo, S<sub>MIN</sub></b>	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2
<b>PUNTAJACIÓN FINAL</b> (debe cumplir SL1 ≥ S <sub>MIN</sub> )		SL1 = 1.8 - 0.6 - 0.7 - 0.5 - 0.4 =		<b>-0,4</b>		: menor a S <sub>MIN</sub> , se considera S <sub>MIN</sub> = 0,3 y se aplica formulario L2									
<b>Extensión de la revisión</b>		<b>Otros riesgos</b>		<b>Acción requerida</b>											
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingresó <input type="checkbox"/> Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Persona de contacto: _____		¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Golpeteo potencial (Excepto si SL2 > corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural		¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos o igual que el mínimo <input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input checked="" type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I											
¿Se realizó evaluación del formulario L2? <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL2 = -0,3= 0,3 <input type="checkbox"/> No ¿Daños no estructurales? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No		Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: <b>EST = Datos estimados o no confiables</b> o <b>SII = Sin información o se desconoce</b>													
Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada MAD= Marco arriostrado con diagonales AC= Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero		Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado. Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado. Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase D: Construcciones con muros soportantes de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares. Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares. Clase I: Construcciones de albañilería confinada. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o similar de colectores entre malla de acero para recibir entresacada.													

<b>Nombre del edificio:</b>	Escuela España	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} = -0.4$ (NO considerar $S_{MIN}$ )			
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} = -0.6$	Irregularidad en planta, $P_{L1} = -0.7$		
<b>Fecha:</b>	16-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - (V_{L1}) - (P_{L1})) = 0.9$			
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			SI	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-1.3	$V_{L2} = -1.3$ (Máx. -1.3)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.			-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).			-1.3	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.			-1.3	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.			-1.0	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior			-0.5	
	Retroso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.			-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.			-0.5	
		Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.			-0.3	
	Columna corta/pilar	B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.			-0.5	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.			-0.5	
Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.			-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.			-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0.8	$P_{L2} = -0.8$ (Máx. -1.3)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.3		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0.4		
Otra irregularidad:	hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0.8		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+0.3	$M = 0.9$	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 0,5% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-1.0		
		Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.		-1.0		
	El edificio está en el extremo del bloque.		(Máx. total de golpeteos modificadores en -1.3)			-0.5
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0.5		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciadas (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>: -0,3 ; Menor a <math>S_{MIN}</math> por lo tanto se aplica 0,3 (transferir al formulario L1)</b>						
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO						
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")			SI	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					Desprendimiento del revestimiento en zonas, exponiendo la armadura del H.A.
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:					Alféizar en ventanas con pérdida considerable de material
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:					
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada				
<input checked="" type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada				

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO B

El sistema estructural es mixto, en base a pilares y vigas de Hormigón Armado, que forman marcos rígidos contando en algunos ejes con muros de H.A. y en otros casos con muros de albañilería reforzada como se pudo observar en ambos bloques. En el bloque B además, se observa como el edificio cambia la flexibilidad de su estructura dependiendo del nivel, en el primer nivel la estructura es flexible en base a pórticos de H.A. contando sólo con la rigidez del muro de contención; en el segundo nivel la estructura se rigidiza al contar con muros de H.A. en la mayoría de los ejes, para finalmente llegar al tercer nivel manteniendo la distribución de los elementos estructurales, pero cambiando su materialidad a albañilería en ladrillo reforzada, todo lo anterior es considerando como una estrategia de diseño estructural y funcional del proyecto de arquitectura al dejar el primer nivel como un patio cubierto originalmente.

Las juntas de dilatación sísmica graficadas en las plantas tanto de arquitectura como de estructura y en el esquema isométrico (imagen 70), cuentan con un diseño en forma de cuña, donde la menor separación, de 2.5cm se encuentra hacia el oriente y la mayor separación, de 7.5cm hacia el poniente, esto podría responder a la diferencia de altura respecto del terreno natural causado por la pendiente, sin embargo, para el análisis se considera el promedio de ambas, es decir 5cm, lo que según los criterios del FEMA sería suficiente, ya que corresponde al 0.77% de la altura del edificio menor; además cumple con los criterios de la NCh433Of.96, la cual considera una separación mínima de 2.6cm. (ver tabla en p.162)

La diferencia de resultados numéricos entre ambos bloques del mismo establecimiento radica principalmente en la presencia de columnas cortas. Sin embargo, en base a las observaciones del cambio de materialidad en los distintos niveles (Figura p.93), su relación con la topografía y la concentración de las aulas, se considera mucho más vulnerable y por lo tanto, más prioritario el análisis estructural detallado del bloque B, en relación al bloque A.



Imagen 77



Imagen 78



Imagen 79

## C.

### LICEO DANTE PARRAGUEZ (1961)

El establecimiento donde actualmente funciona el Liceo técnico A-42 Profesor Juan Dante Parraguez, fue entregado en 1961. Se ubica en una zona residencial de la comuna de San Antonio, en una manzana de 10.000m<sup>2</sup>, en la cual se han ido construyendo bloques según ha sido necesario tanto por la incorporación de la Jornada Escolar Completa como por las diferentes especialidades técnicas que han demandado mayor infraestructura, sin embargo, esto no ha afectado a los bloques originales que se analizarán como caso de estudio.

En las manzanas contiguas al establecimiento se encuentra el estadio municipal y las instalaciones portuarias, influyendo esto en el riesgo de licuefacción del sector además de ser catalogada con respuesta sísmica "Muy Mala 4", según el Mapa de Respuesta Sísmica desarrollado por el SERNAGEOMIN (Imagen



Imagen 80: Ubicación.

Fuente: Elaboración propia en base a google earth.



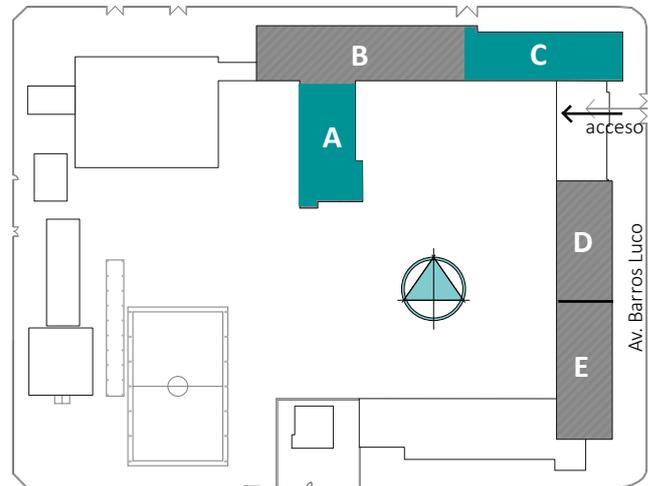
Imágenes 81: Vista del acceso principal

Fuente: Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.

42), tipo de suelo III (Grava o arena no saturada ) y además se encuentra emplazado dentro de la zonificación sísmica III de la NCh433.Of96

La estructura soportante corresponde a un sistema mixto de marcos rígidos en base a pilares y vigas de hormigón armado y muros reforzados de albañilería de ladrillo. Sin embargo, gran parte del cerramiento de las circulaciones y el segundo nivel del bloque C corresponden a tabiquería con perfilera y pilares de acero.

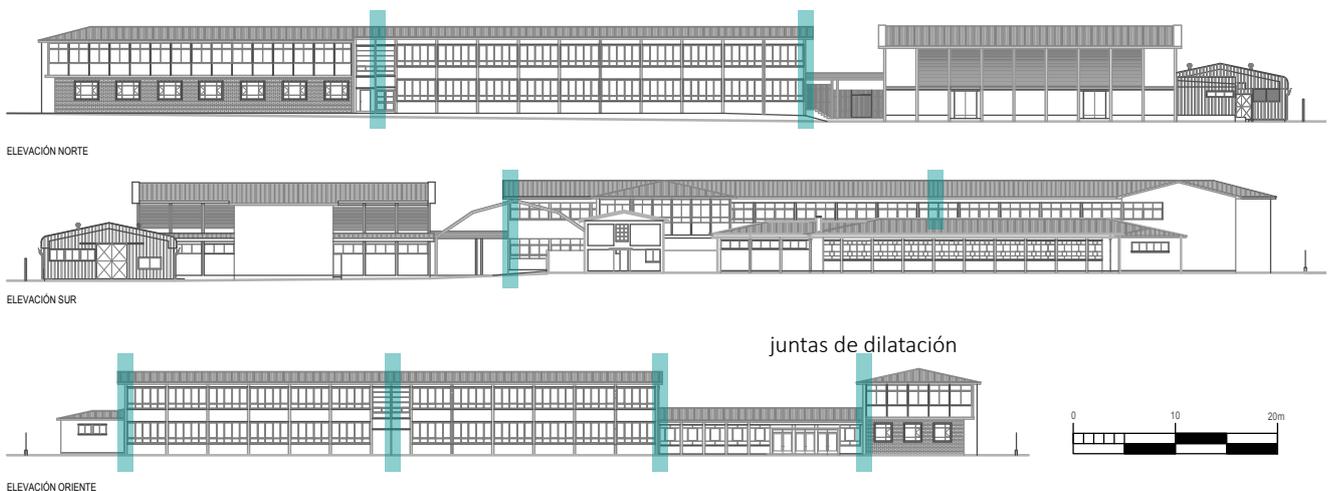
Se seleccionan las edificaciones a evaluar en base a los criterios estipulados al comienzo del capítulo y se separan en bloques en base a la presencia de juntas de dilatación sísmica y la diferencia morfológica o constructiva, descartando las edificaciones de un nivel; separando de ésta manera el sector a analizar en los bloques expuestos en la imagen 80. Sin embargo, para



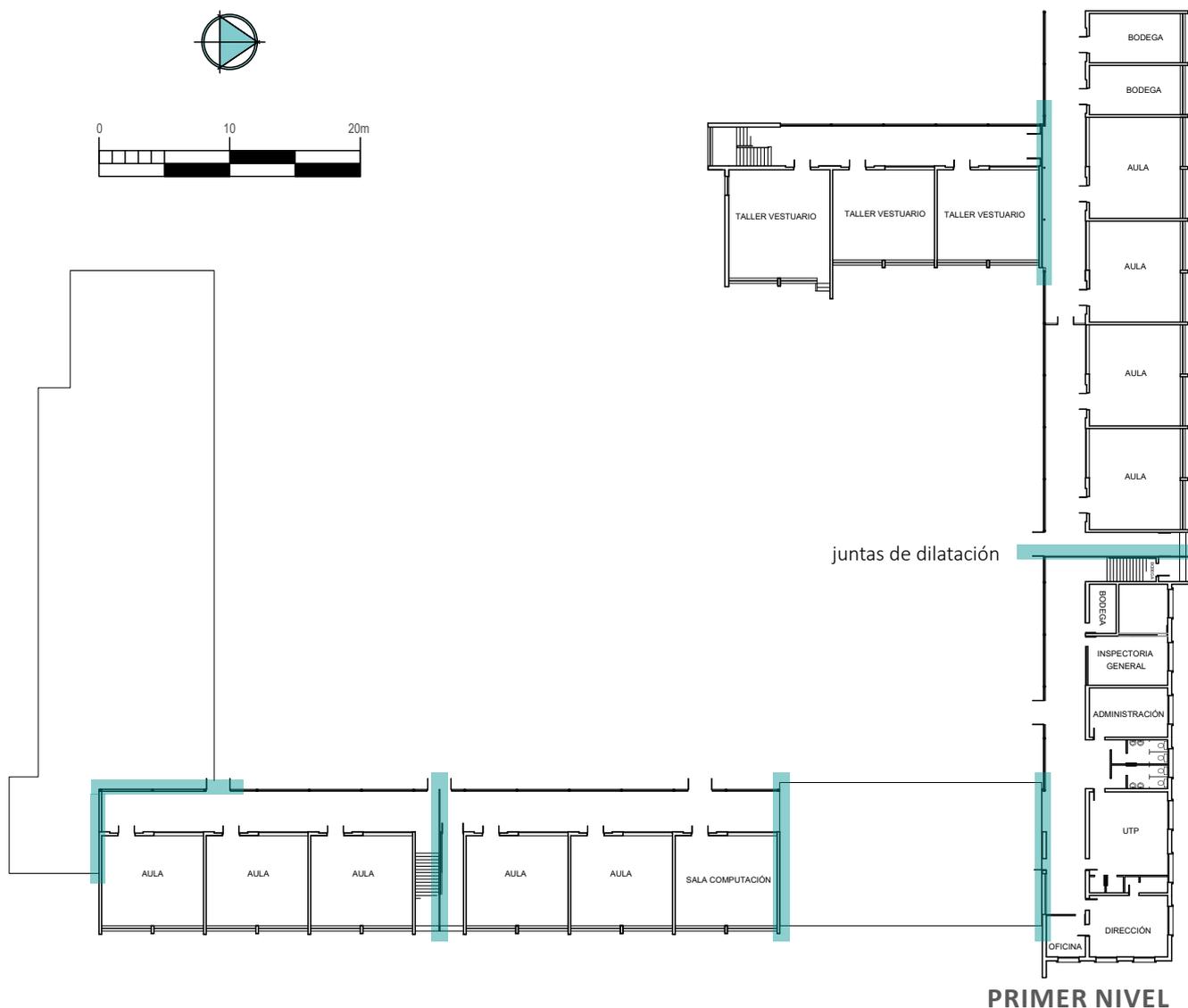
**Imagen 82:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia

efectos de la evaluación se agrupan según semejanza morfológica los bloques B-D-E, separados de los bloques A-C (estos últimos presentan losa en voladizo y perfilera de acero en segundo piso).

Para el terremoto de Febrero de 2010 este fue uno de los liceos más afectados de la comuna de San Antonio, dejando incluso de ser utilizado por ver alterada sus condiciones básicas de habitabilidad o evidenciar daño en todos los bloques que lo conforman. Como solución a esto, se implementó un proyecto de reparación estructural, con el objetivo de devolverle al edificio sus condiciones estructurales originales a través de: -Reparación de grietas de corte en muros de albañilería por grapado. -Reparación de grietas en el encuentro de muros de albañilería con pilares y/o vigas de hormigón armado. -Reparación de grietas de H.A. con inyección epóxica. -Reparación de machones disgregados. Todo esto en base a las especificaciones técnicas de reparación efectuadas en el año 2012 que fueron facilitadas por la DOM de San Antonio.



*Para este caso se contó con la siguiente información original (1961):  
Planos de arquitectura / Planos de estructura*



Cada bloque posee una lógica de modulación espacial diferente a los otros, sin embargo, los bloques agrupados para el análisis mantienen las dimensiones de las aulas de 8x7.5m, además todos se articulan en base a una circulación perimetral interna que comunica a los principales bloques entre sí y a la vez con el gimnasio que es parte de las construcciones originales. Si bien, la división entre estos bloques corresponde a juntas sísmicas (ubicadas en los extremos de los bloques y en medio de las escaleras en dos sectores), como fue mencionado en párrafos anteriores, el estado de éstas es una de las mayores lesiones y a la vez riesgos sísmicos de este establecimiento, ya que posterior al terremoto del 27F la distancia de separación que llegó a tener la junta de dilatación fue de 15cm, la cual a través de las réplicas y diferentes sismos posteriores ha disminuido. A pesar de esto, podemos observar en las imágenes 83 y 86 cómo esta grave irregularidad aún afecta el edificio, ya que posee un desfase horizontal de 3 a 5cm y en vertical de 4 a 12 cm. Si bien la separación horizontal de las juntas de dilatación sísmica, cumpliría con los criterios de diseño nacional (2/100H), esto no se puede considerar más que para tener un parámetro comparativo entre casos, ya que la influencia de un sismo y la ausencia de la medida en planos originales contaminan la información arrojada en el análisis.



Imagen 83



Imagen 84



Imagen 85



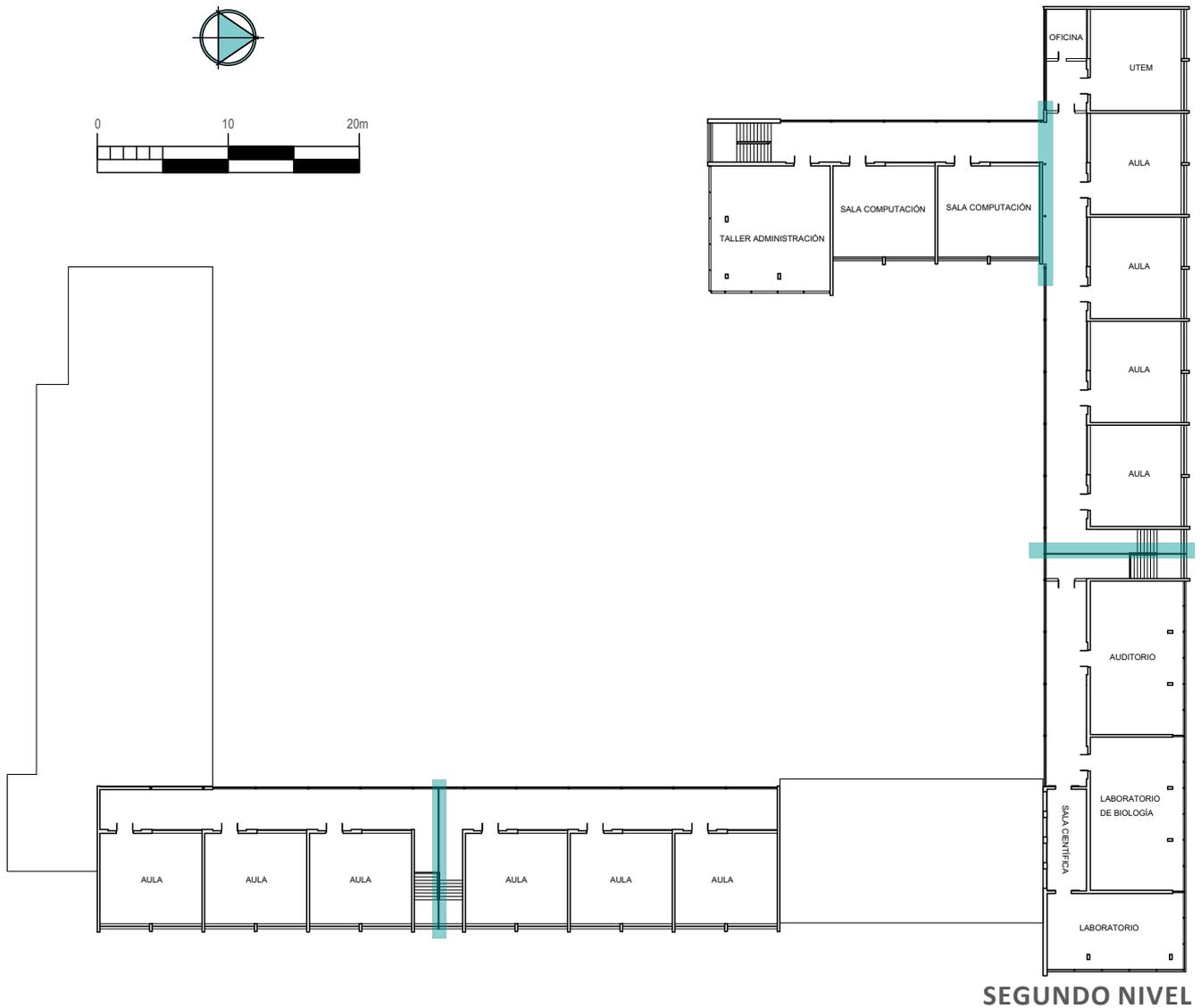
Imagen 86

Imagen 87



Imagen 88

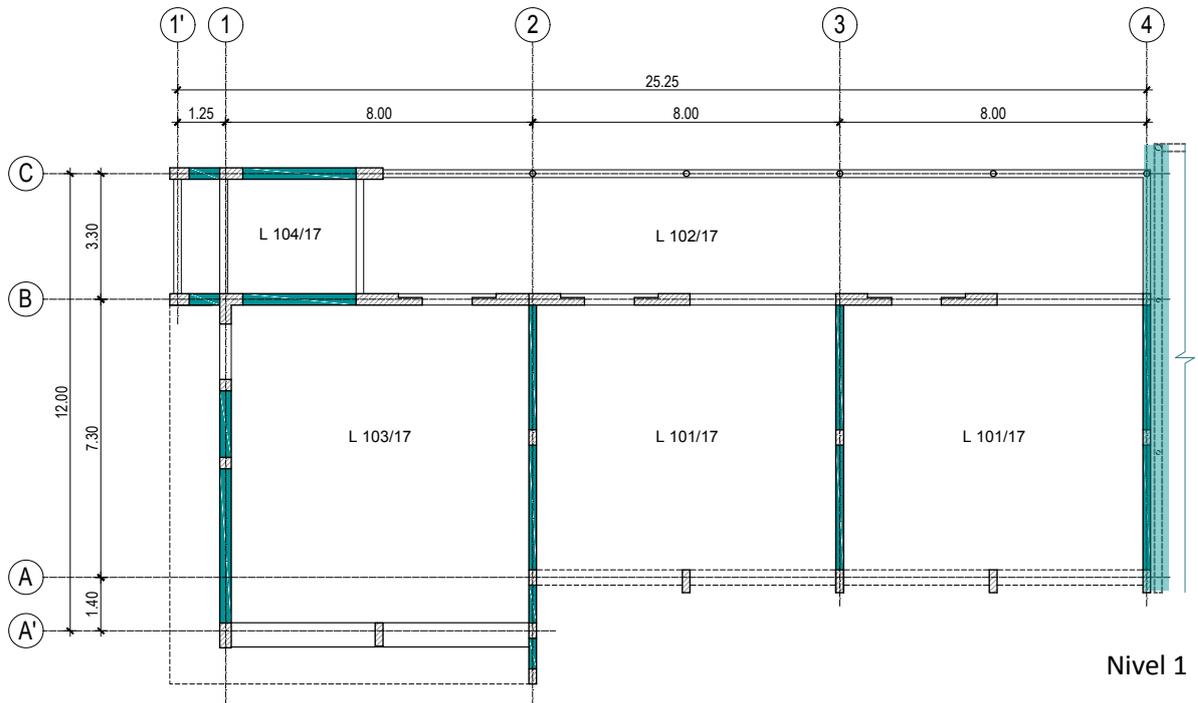




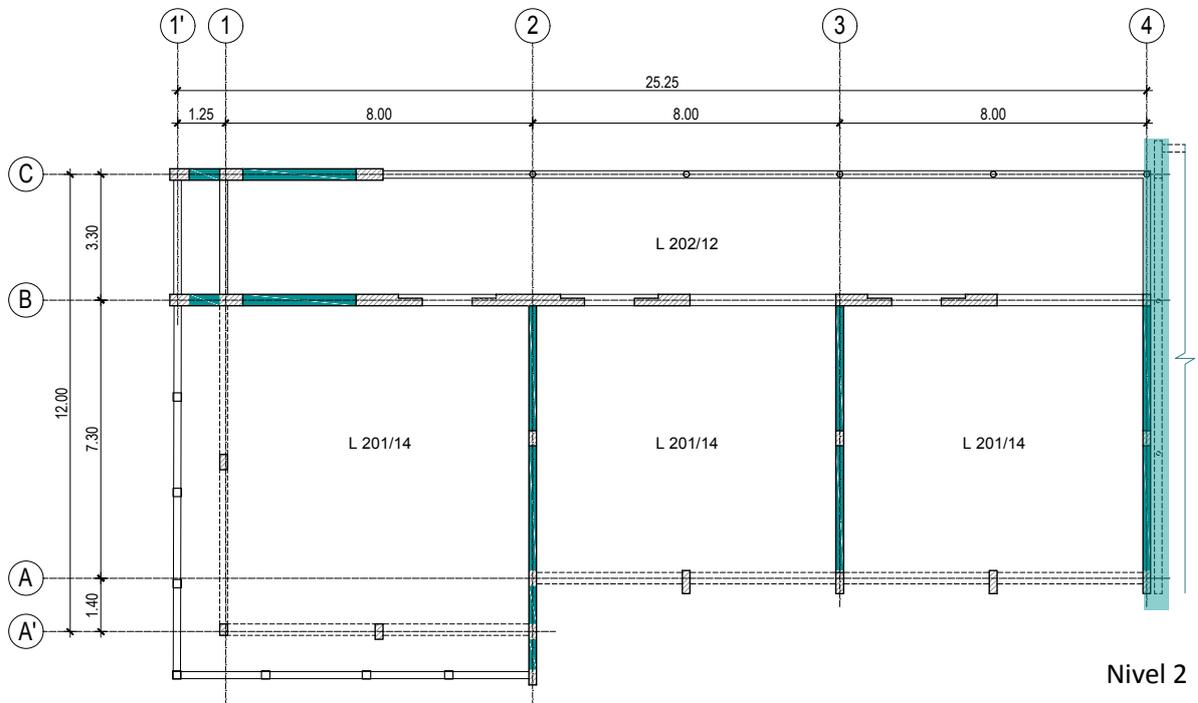
En todos los bloques analizados y expuestos a continuación, podemos observar la poca continuidad de las vigas en los ejes estructurales transversales, generando en la zona del corredor, largos campos de losa unitarios, lo que conlleva a problemas de flexión diferenciada en las losas por su longitud y posibles asentamientos diferenciales del suelo frente a un evento sísmico.

Además en este caso sólo vemos la diferencia de materialidad por niveles en los casos A y C, ubicando el sector más flexible en un nivel más alto lo que no podemos observar en otros casos, muchos de los muros mantienen su materialidad en ambos niveles y cuentan con diafragmas rígidos correspondientes a losas de hormigón armado, sin embargo, los bloques A y C cuentan con un sector en voladizo en el segundo nivel, incorporando además, elementos de acero a modo de cerramiento. Esta información está respaldada y es observable en los planos de estructura originales, sin embargo de manera hipotética las losas podrían llegar a estar reforzadas en zonas que es imposible observar y que, por lo tanto, no se especificaron en la planimetría.

PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE A



Nivel 1

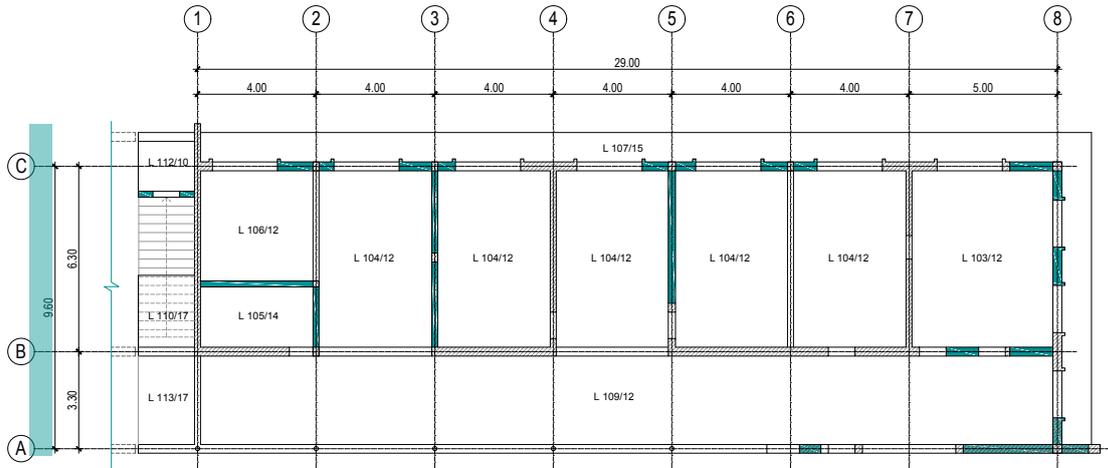


Nivel 2

- Hormigón Armado
- Vigas
- Albañilería Reforzada
- Vigas invertidas
- Juntas de dilatación

Fuente: Elaboración propia.

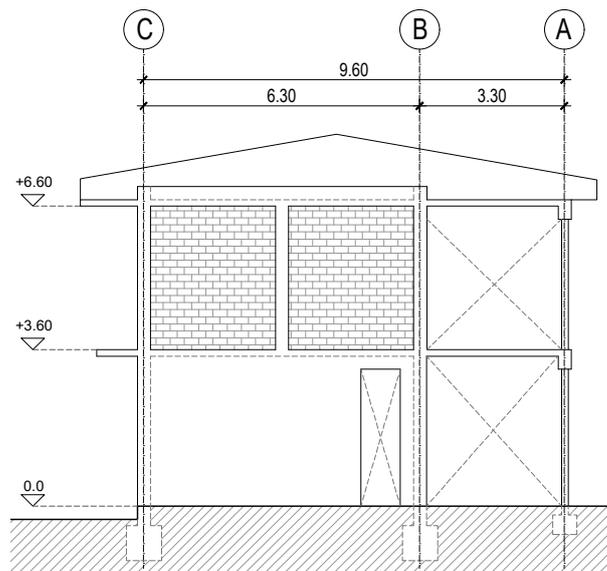
### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE C



Nivel 1

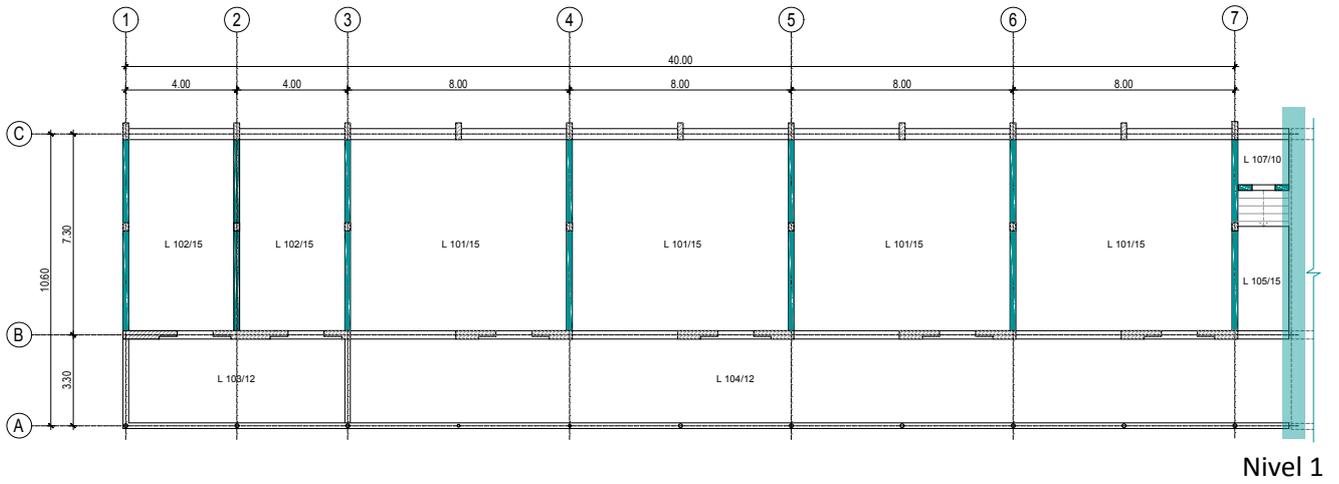


Nivel 2

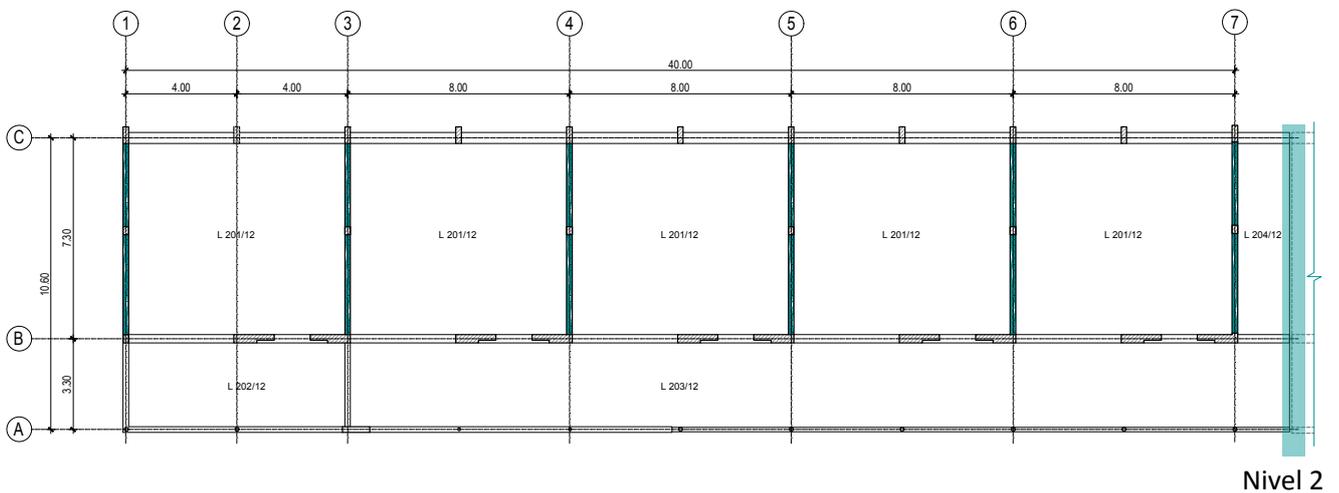


- Hormigón Armado
- Albañilería Reforzada
- Juntas de dilatación
- Hormigón
- Albañilería
- Juntas de dilatación

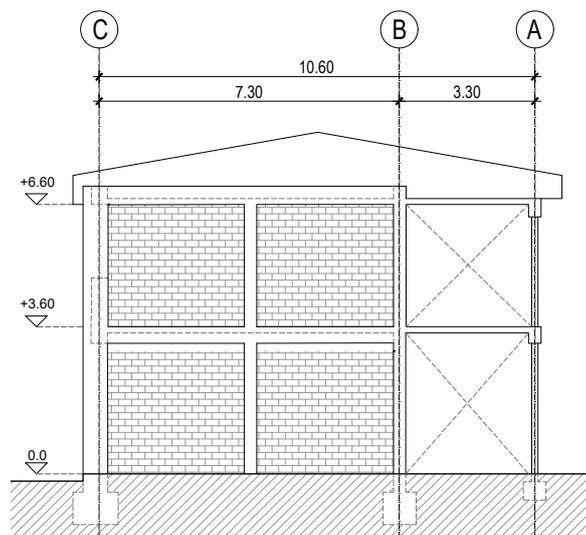
### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE B



Nivel 1



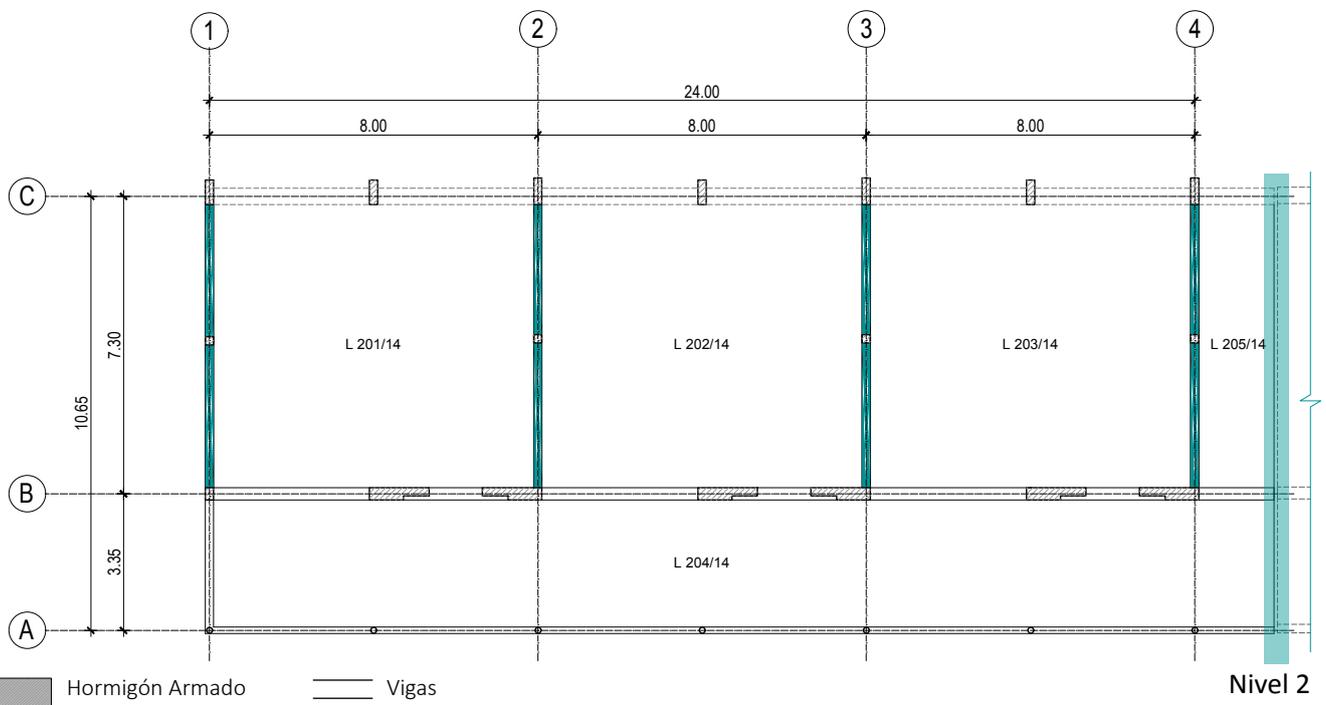
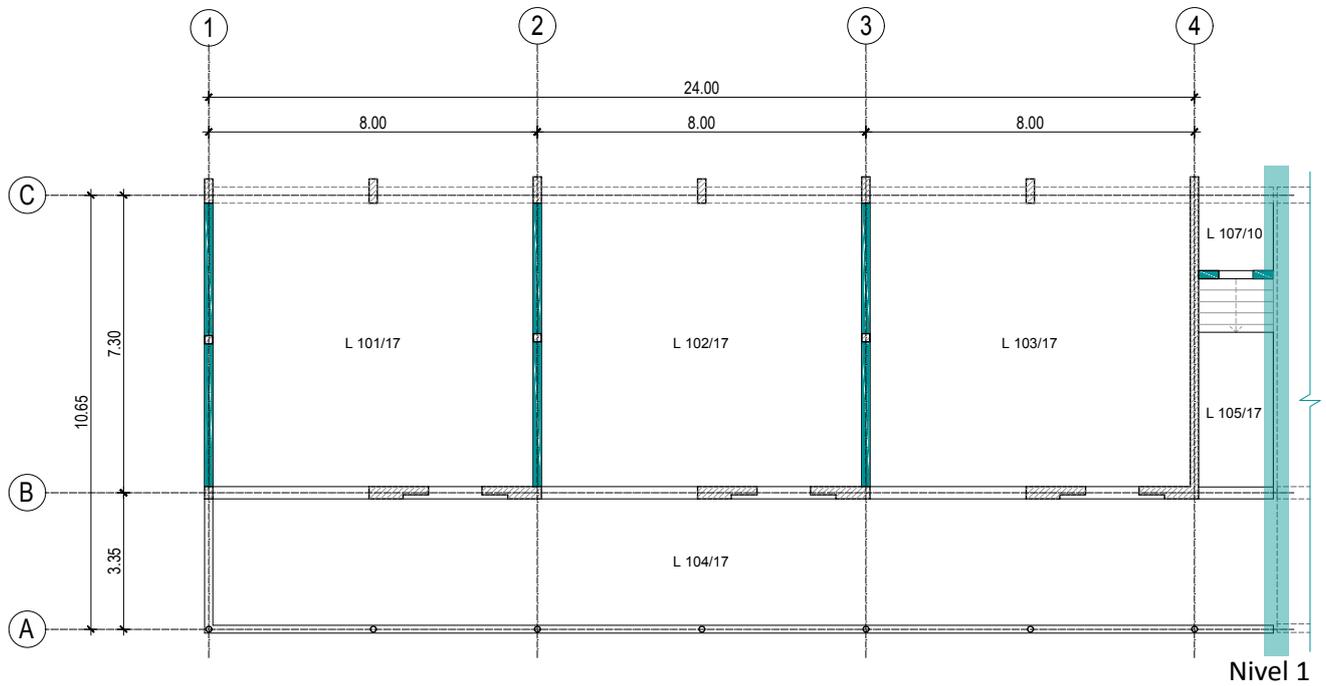
Nivel 2



- con Armado
- Vigas
- Vigas invertidas
- de dilatación

Fuente: Elaboración propia.

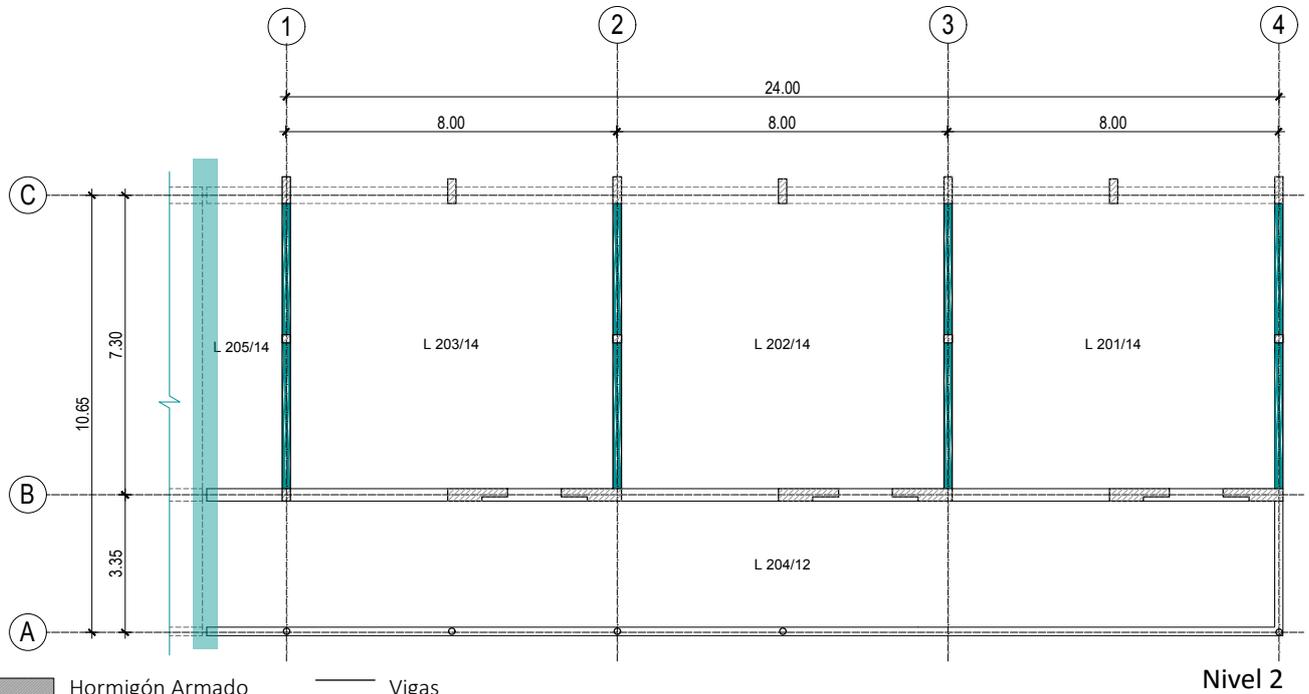
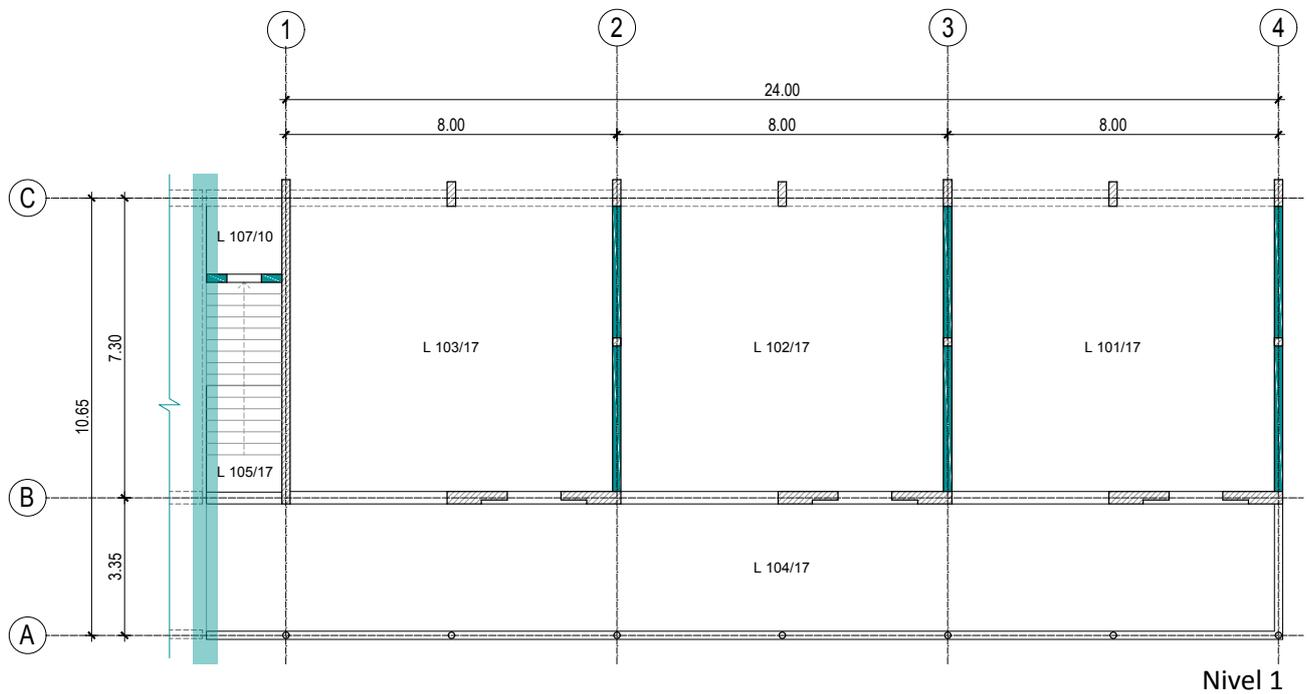
### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE D



- Hormigón Armado
- Vigas
- Albañilería Reforzada
- Vigas invertidas
- Juntas de dilatación

Fuente: Elaboración propia.

### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE E

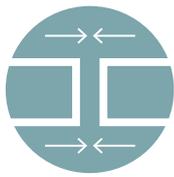


-  Hormigón Armado
-  Albañilería Reforzada
-  Juntas de dilatación
-  Vigas
-  Vigas invertidas

Fuente: Elaboración propia.



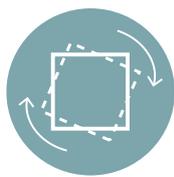
Riesgo Geológico



Golpeteo



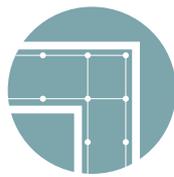
Retroceso



Torsión

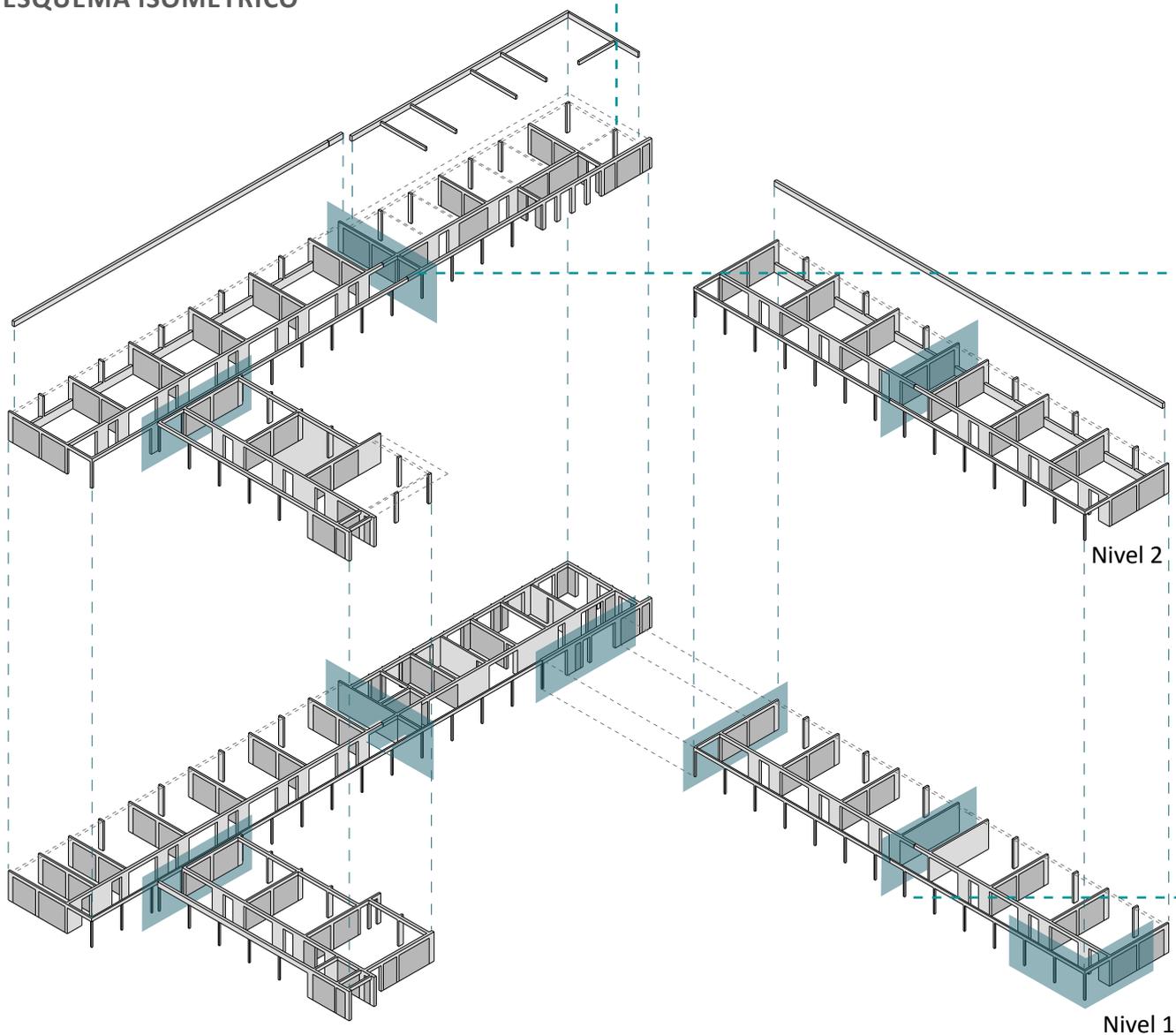


Otras Irregularidades



Unión pilar y viga

### ESQUEMA ISOMÉTRICO



Juntas de dilatación

Imagen 89: Modelo isométrico del sistema estructural de los bloques a analizar  
Fuente: Elaboración propia.

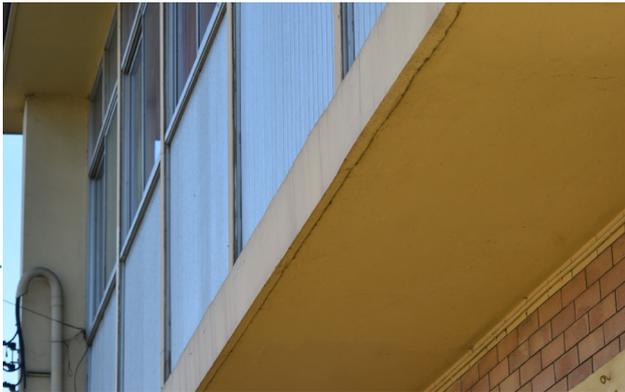


Imagen 90



Imagen 91

Imagen 92



## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO A-C

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN (Imagen 42), se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio

### Irregularidades:

- Excentricidad
- Irregularidad de materialidad y rigidez vertical (Figura p.108)
- Diafragma con voladizo (Imagen 90)
- Irregularidad severa en juntas de dilatación ("Golpeteo") (Imagen 91)
- Riesgo de licuefacción y asentamientos diferenciales.
- Problemas de flexión diferenciada en campos de losas unitarios.

### Daños Observados:

- Grietas y pérdida de material en elementos estructurales (imagen 83 y 87)
- Graves daños en el establecimiento post terremoto del 27 de Febrero del 2010 que dejaron inhabilitado su funcionamiento (Antecedente de comportamiento patológico)

## APLICACIÓN FORMULARIOS FEMA P-154 ADAPTADO BLOQUES A-C

De acuerdo a lo establecido anteriormente por los instrumentos del SERNAGEOMIN (Imagen 42) y la NCh433.Of96 se utiliza el formulario correspondiente a “Alta sismicidad”, se caracteriza el edificio y su suelo de manera general marcando la presencia de riesgo de licuefacción y golpeteo potencial.

En base a lo antes mencionado y la consideración de las regularidades e irregularidades expuestas, es que los bloques A y C obtienen una puntuación  $S_{L1}=0.3$  y  $S_{L2}=-0.3$ , por lo tanto un total de  $S=0.6$ , considerando a éste bloque como muy vulnerable, presentando una posibilidad de 1 en 4 de presentar colapso en **alguno de sus elementos**.

<b>ALTA SISMICIDAD</b>															<b>0,6</b> <small>S (S<sub>L1</sub> + S<sub>L2</sub>)</small>					
Dirección: Barros Luco 2401, San Antonio, Región de Valparaíso					Riesgos geológicos										Licuefacción <input checked="" type="checkbox"/> Sí / No / S/I		Deslizamiento de tierra <input type="checkbox"/> Sí / No / S/I		Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> Sí / No / S/I	
Rol SII					Proximidad <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo <input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto															
Otros identificadores					Bloque A-C										Irregularidades		<input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad)		Diferencia grave de nivel en juntas de dilatación	
Nombre de edificio					Liceo Juan Dante Parraguez										<input type="checkbox"/> En planta					
Zona sísmica según NCh433					Zona III										<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas		<input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados			
Latitud: -33.602.010					Longitud: -71.613.992										<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo		<input type="checkbox"/> Apéndices			
Terremotos que han afectado el inmueble:					1971- 7.5Ms 1981- 7.5Ms 1985- 8.0Mw 2010- 8.8Mw 2015 -7.4Mw										<input type="checkbox"/> Otro (especificar)					
Evaluador (s) Patricia Gutiérrez					Fecha 21-12-2018										Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue		Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Gubernamental			
N° de pisos: 2					Año de construcción 1959										<input type="checkbox"/> EST		Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades:			
Bajo suelo: 0					Sobre suelo: 2										Tipo de suelo (según NCh433)		<input type="checkbox"/> I roca <input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV			
Área por piso 672 /696 aprox. cada piso					Área total 1368 aprox.															
Ampliaciones <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:																				
<b>Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S<sub>L1</sub></b>																				
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)					
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0					
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7					
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4					
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4					
Previo a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0					
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A					
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3					
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2					
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2					
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2					
<b>PUNTAJE FINAL</b> (debe cumplir SL1 ≥ S <sub>MIN</sub> )					<b>SL1 =</b> 1.7 - 0.9 - 0.7 - 0.1 =					<b>0</b>		:menor a S <sub>MIN</sub> , se considera S <sub>MIN</sub> = 0,3 y se aplica formulario L2								
<b>Extensión de la revisión</b>					<b>Otros riesgos</b>					<b>Acción requerida</b>										
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingresado <input checked="" type="checkbox"/>					¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL2 > corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input checked="" type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural					¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el mínimo <input checked="" type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No Establecimiento presentó daños en 2010 y aún presenta algunos daños ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input checked="" type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I										
Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN					Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN					Persona de contacto:										
¿Se realizó evaluación del formulario L2?					¿Daños no estructurales?															
<input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL2 = 0.3 <input type="checkbox"/> No					<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No															
<b>Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce</b>																				
Leyenda: MR= Marco Rigido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero																				
<b>TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.</b> Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado. Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado. Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares. Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares. Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado																				

<b>Nombre del edificio:</b>	Liceo Juan Dante Parraguez	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} =$	0	(NO considerar $S_{MIN}$ )
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	<i>Irregularidad vertical, <math>V_{L1} =</math></i>	-0,9	<i>Irregularidad en planta, <math>P_{L1} =</math></i>
<b>Fecha:</b>	21-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	1,6	

**MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA**

Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)	Sí	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-1.2	$V_{L2} =$ -1,2  (Máx. -1.2)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.	-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).	-1.2	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.	-1.2	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.9	
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior	-0.5	
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.	-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.	-0.5	
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.	-0.3	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.	-0.5	
	Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortar la columna.	-0.5	
Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.		-0.5		
Otras irregularidades		Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-1.0	
Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.		-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)	-0.7	$P_{L2} =$ -0,7  (Máx. -1.1)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.	-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.	-0.2		
	Tipo B y C desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta	-0.4		
Redundancia	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-0.7		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos arriostrados) a cada lado del edificio en cada dirección.	+0.3	$M =$ 0,1	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:	-1.0		
	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-1.0		
	Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	-1.0		
	El edificio está en el extremo del bloque.	-0.5		
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.	-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.	-0.4		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).	+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)	+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.	-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.	+1.4		

**Puntuación FINAL nivel 2,  $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$ :** -0,2 Por lo tanto se utiliza  $S_{MIN} = 0,3$  (transferir al formulario L1)

Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: SI  NO

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación.

**PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES**

Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")	Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.			
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.			
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.			
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.			
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.			
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:			Partición De valdosa en circulaciones por desnivel, que además se ve reflejado en el desfase de la junta de dilatación
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca			
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:			

**Estimado no estructural desempeño sísmico** (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)

Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes Se recomienda una evaluación no estructural detallada

Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes pero no requiere una evaluación no estructural detallada

poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes No requiere evaluación no estructural detallada

**REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO B-D-E**

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN (Figura 39), se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

**Regularidades:**

- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio

**Irregularidades:**

- Excentricidad
- Irregularidad de materialidad y rigidez vertical (Figura p.116)
- Irregularidad severa en juntas de dilatación ("Golpeteo") (Imagen 85 y 91)
- Riesgo de licuefacción y flexión diferenciada
- Problemas de flexión diferenciada en campos de losas unitarios.
- Graves daños en el establecimiento post terremoto del 27 de Febrero del 2010 que dejaron inhabilitado su funcionamiento (Antecedentes de comportamiento patológico)

**Daños Observados:**

- Pérdida de material en elementos no estructurales (imagen 83).
- Grietas y daños en elementos estructurales (Imagen 95).



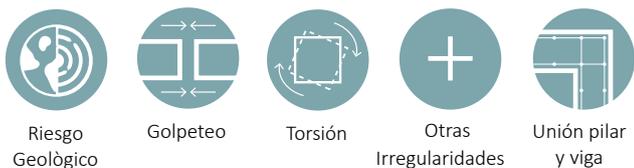
Imagen 93



Imagen 94



Imagen 95



### APLICACIÓN FORMULARIOS FEMA P-154 ADAPTADO BLOQUES B-D-E

Por otra parte, el análisis del bloque B-D-E, considerando las irregularidades expuestas, potencial golpeteo y estado actual arroja una puntuación de  $S_{L1} = 0$  y de  $S_{L2} = -0.6$ , en ambos casos utilizando  $S_{MIN} = 0.3$ , por lo tanto un puntaje total de  $S = 0.6$  considerandolo altamente vulnerable ya que tiene una probabilidad de 1 en 4 de presentar colapso en **alguno de sus elementos**, por ende se considera necesario una evaluación estructural detallada.

ALTA SISMICIDAD

0,6  
 $S(S_{L1} + S_{L2})$

Dirección: Barros Luco 2401, San Antonio, Región de Valparaíso		Riesgos geológicos	Licuefacción	<input checked="" type="checkbox"/> SI / No / S/I	Deslizamiento de tierra	<input type="checkbox"/> SI / No / S/I	Ruptura de la superficie	<input type="checkbox"/> SI / No / S/I							
Rol SII		Proximidad	<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo	<input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto											
Otros identificadores		Bloque B D y E		Irregularidades											
Nombre de edificio		Liceo Juan Dante Parraguez		<input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad) Diferencia grave de nivel en juntas de dilatación											
Zona sísmica según NCh433		Zona III		<input type="checkbox"/> En planta											
Zona sísmica según NCh433		Zona III		<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados											
Latitud: -33.602.010		Longitud: -71.613.992		<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo <input type="checkbox"/> Apéndices											
Terremotos que han afectado el inmueble:		1971- 7.5Ms	1981- 7.5Ms	1985- 8.0Mw	2010- 8.8Mw	2015 -7.4Mw	<input type="checkbox"/> Otro (especificar)								
Evaluador (s) Patricia Gutiérrez		Fecha 21-12-2018		Ocupación											
N° de pisos: 2		Año de construcción 1959		<input type="checkbox"/> Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia. <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue											
Bajo suelo <input type="checkbox"/> Sobre suelo: 2				<input type="checkbox"/> Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Gubernamental											
Área por piso 1046 aprox. cada piso		Área total 2092 aprox.		Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____											
Ampliaciones <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:				Tipo de suelo (según NCh433)											
				<input type="checkbox"/> I roca <input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV											
Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, $S_{L1}$															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0
Irregularidad Vertical Severa, $V_{L1}$	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7
Irregularidad Vertical Moderada, $V_{L1}$	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
Irregularidad en planta, $P_{L1}$	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4
Previo a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2
Puntaje mínimo, $S_{MIN}$	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2
PUNTAJACIÓN FINAL (debe cumplir $SL1 \geq S_{MIN}$ )								SL1 = 1.7 - 0.9 - 0.7 - 0.1 =		0		; menor a $S_{MIN}$ , se considera $S_{MIN} = 0.3$ y se aplica formulario L2			
Extensión de la revisión			Otros riesgos			Acción requerida									
Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo			<input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó			<input type="checkbox"/> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada?									
Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No			Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN			<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que $SL2 >$ corte, si se conoce)									
Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN			Persona de contacto: _____			<input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto									
¿Se realizó evaluación del formulario L2?			<input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, $SL2 = -0.6 \neq 0.3$ <input type="checkbox"/> No			<input checked="" type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV									
¿Daño no estructurales? <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No						<input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural									
Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce															
Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS= Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada MAD= Marco arriostrado con diagonales AC= Albañilería Confinada TU= Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML= Metal ligero															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C. Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado. Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado. Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares. Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.															

<b>Nombre del edificio:</b> Liceo Juan Dante Parraguez		<b>Puntuación final nivel 1:</b>		$S_{L1} =$	0	(NO considerar S <sub>MIN</sub> )	
<b>Examinador:</b> Patricia Gutiérrez		<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>		<b>Irregularidad vertical, <math>V_{L1} =</math></b>	-0,9	<b>Irregularidad en planta, <math>P_{L1} =</math></b> -0,7	
<b>Fecha:</b> 21-12-2018		<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>		$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	1,6		
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA							
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "Si" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)					Si	Subtotales por
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.				-1.2	$V_{L2} =$ -1,2 <i>(Máx. -1.2)</i>
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.				-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.				-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas (para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).				-1.2	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.				-1.2	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.				-0.9	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.				-0.5	
	Retroceso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.				-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.				-0.5	
		Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.				-0.3	
	Columna corta/pilar	B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura/ancho inferiores al 50% de la relación de altura/ancho nominal en ese nivel.				-0.5	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles/vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.				-0.5	
Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.				-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.				-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.				-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)				-0.7	$P_{L2} =$ -1,1 <i>(Máx. -1.1)</i>	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.				-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.				-0.4		
	La apertura del diafragma: Hay una apertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.				-0.2		
	Tipo B y C desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta				-0.4		
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.				-0.7		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos arriostrados) a cada lado del edificio en cada dirección.				+ 0.3	$M =$ -0,2	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:		Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-1.0			
			Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	-1.0			
			El edificio está en el extremo del bloque.	-0.5			
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.				-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.				-0.4		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).				+ 0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciadas (muy compartimentado) y de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)				+ 0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.				-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.				+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>.</b>					<b>-0,6 ; menor a S<sub>MIN</sub> , por lo tanto se utiliza S<sub>MIN</sub> =0,3</b>	<b>(transferir al formulario L1)</b>	
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio:					<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO	
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación.							
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES							
Ubicación	Declaración ( Compruebe "Si" o "No")				Si	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.						
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.						
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.						
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.						
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.						
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.						
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:						
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca						Partición en baldosa de corredores por desnivel
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:						
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)							
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes			Se recomienda una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes			pero no requiere una evaluación no estructural detallada				
<input checked="" type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes			No requiere evaluación no estructural detallada				

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO

El presente caso es el más vulnerable de todos los establecimientos analizados, ambos grupos de bloques arrojaron el valor mínimo considerado por el método de evaluación para la aplicación de la ficha FEMA P-154 ( $S=0.6$ ), sin embargo, la principal diferencia entre los casos es el origen de algunas irregularidades, mientras los bloques A-C presentan parte de la losa del segundo nivel en voladizo, que además en zonas está agrietada; los bloques B-D-E presentan grietas en las losas que las cruzan, generando un "Nivel dividido".

Las imágenes que se presentaron de este caso, fueron obtenidas con posterioridad a un proyecto de reparación que fue implementado en el establecimiento el año 2012 con el objetivo de devolver el normal funcionamiento al liceo, pero las intervenciones llevadas a cabo en los bloques analizados fueron "reparaciones" y no "refuerzos" estructurales, lo cual deja al establecimiento en condiciones muy vulnerables y en base a la ficha aplicada, como primera prioridad en la aplicación de un análisis estructural detallado.

Durante el proceso de análisis se lograron identificar fallas y amenazas graves para este establecimiento: Iniciando por el riesgo de licuefacción en el terreno, lo cual muy probablemente haya incidido en el trabajo y desplazamiento de las juntas de dilatación, que presentan un desfase en elevación de 12cm y el desnivel en sectores (imagen 98)

La presencia de largos y angostos campos de losas por la ausencia de vigas en varios ejes, en la zona de los corredores. Influye en futuros problemas de flexión diferenciada, lo que se ve acrecentado por la posible variación diferencial de asentamiento de los suelos al momento de un sismo.

Todos los bloques analizados presentan grados de excentricidad a simple vista, a causa de la inequitativa distribución de rigidez en planta, esto se ve de mayor manera en el bloque C, considerando una mayor compartimentación del espacio en primer nivel en comparación al segundo nivel, la mezcla de muros de H.A. y de albañilería reforzada y la presencia de una losa en voladizo.



Imagen 96



Imagen 97



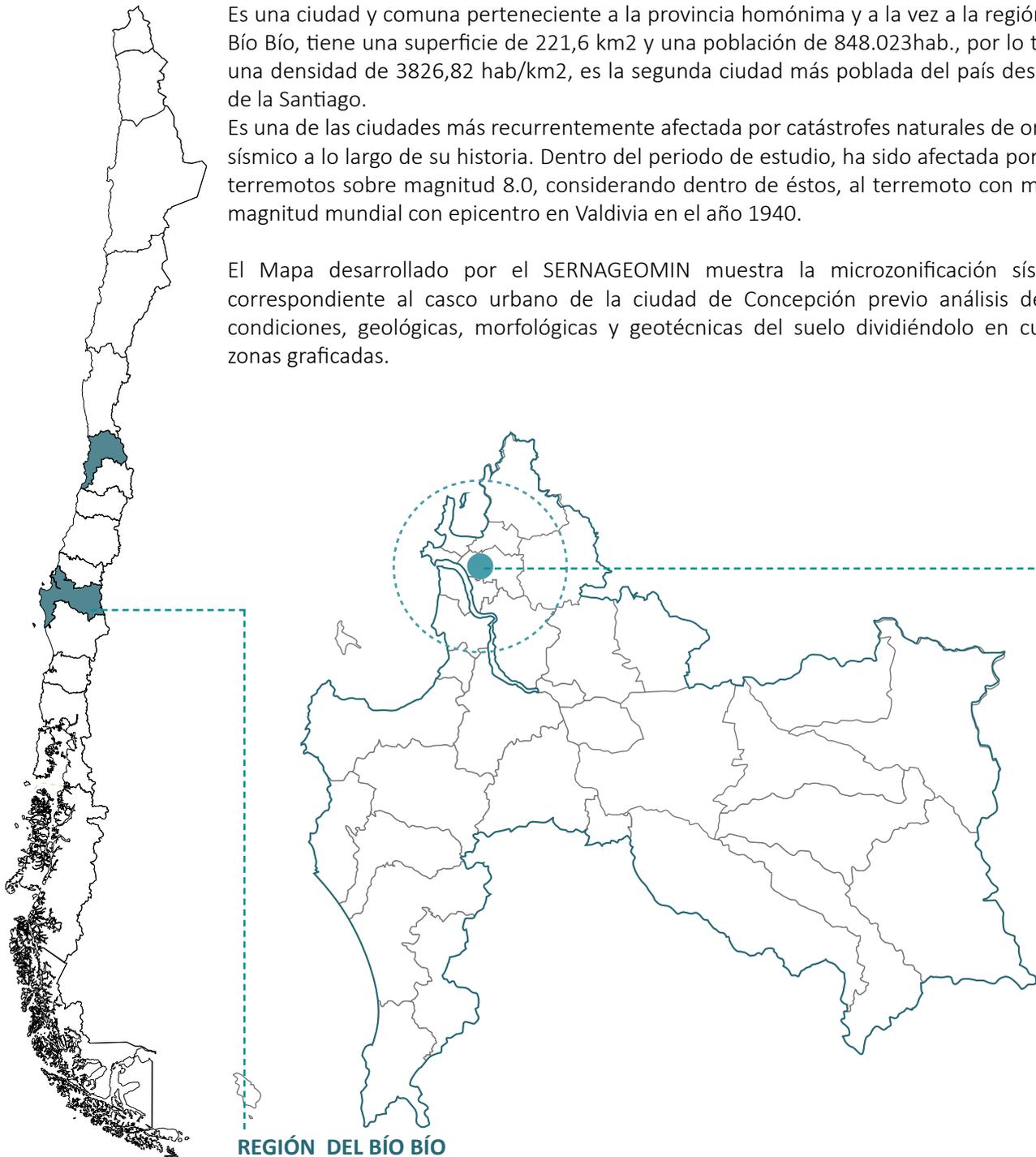
Imagen 98

## CONCEPCIÓN

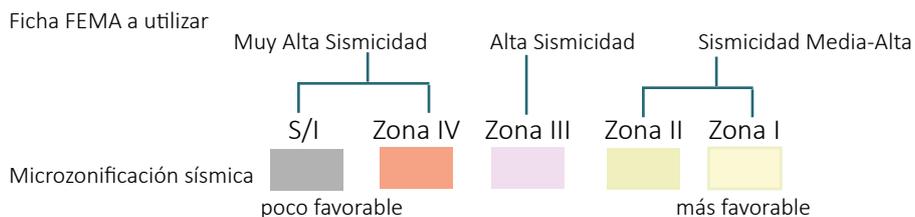
Es una ciudad y comuna perteneciente a la provincia homónima y a la vez a la región del Bío Bío, tiene una superficie de 221,6 km<sup>2</sup> y una población de 848.023 hab., por lo tanto una densidad de 3826,82 hab/km<sup>2</sup>, es la segunda ciudad más poblada del país después de la Santiago.

Es una de las ciudades más recurrentemente afectada por catástrofes naturales de origen sísmico a lo largo de su historia. Dentro del periodo de estudio, ha sido afectada por tres terremotos sobre magnitud 8.0, considerando dentro de éstos, al terremoto con mayor magnitud mundial con epicentro en Valdivia en el año 1940.

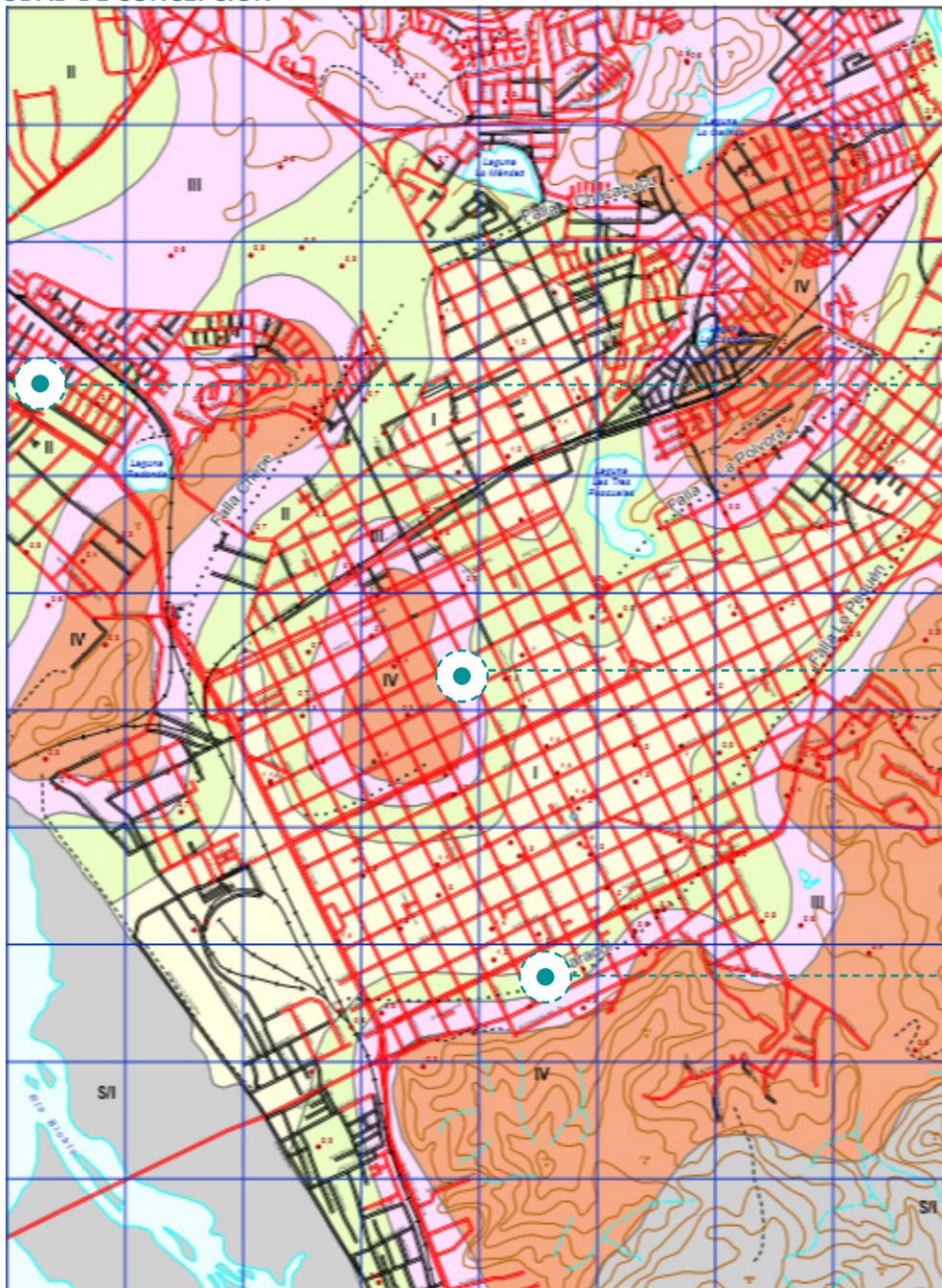
El Mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN muestra la microzonificación sísmica correspondiente al casco urbano de la ciudad de Concepción previo análisis de las condiciones, geológicas, morfológicas y geotécnicas del suelo dividiéndolo en cuatro zonas graficadas.



**Imagen 99 y 100:** Localización geográfica en el territorio nacional  
**Fuente:** Elaboración propia



**CIUDAD DE CONCEPCIÓN**



Los detalles de los tipos de suelos se exponen en el Anexo G

**CASO E**  
Colegio Marina de Chile

**CASO F**  
Colegio Gran Bretaña

**CASO D**  
Liceo Experimental  
(Ex República del Brasil)

**Imagen 101:** Mapa de Microzonificación sísmica de la zona urbana de Concepción  
Fuente: <http://www.sernageomin.cl/peligrosgeologicos/>

## D.

### LICEO EXPERIMENTAL DE NIÑAS, EX ESCUELA BRASIL (1940 APROX.)

Para el estudio de este inmueble se utilizaron los planos correspondientes a la regularización del año 1999, la cual señala que la fecha de construcción del inmueble fue aproximadamente en 1940. Sin embargo, la utilización del actual inmueble por parte del “Liceo Experimental Lucila Godoy Alcayaga” (Ex liceo de Niñas) comenzó el año 2012 luego de que el Concejo municipal aprobó su traslado.

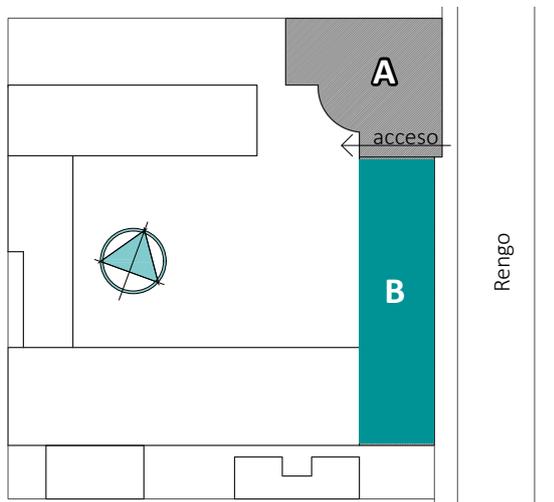
Este establecimiento se ubica en el centro de la comuna de Concepción, siendo un sector caracterizado por ser un barrio residencial junto al Parque Ecuador, pero a su vez por estar cercano a importantes inmuebles culturales de carácter comunal, tales como la Biblioteca Municipal y el Museo Histórico. Además el sector es caracterizado por el mapa de



**Imagen 102:** Ubicación.  
**Fuente:** Elaboración propia en base a google earth.



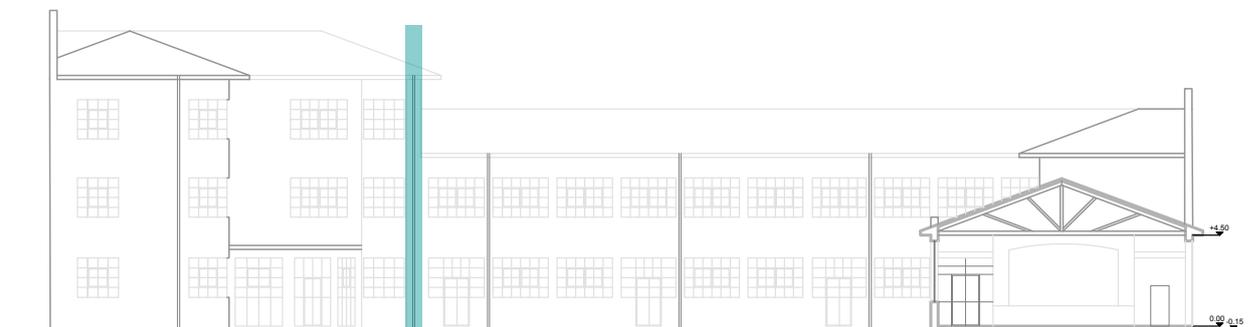
**Imágenes 103:** Vista del acceso principal  
**Fuente:** Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.



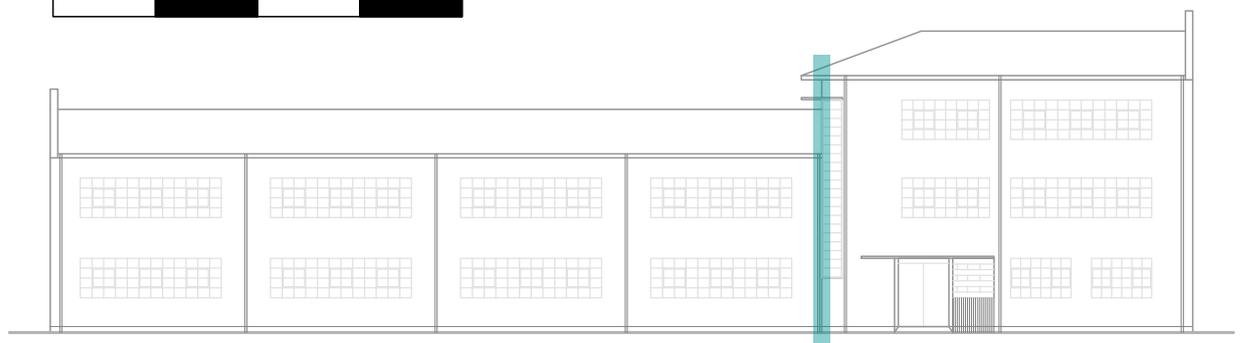
**Imagen 104:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia

microzonificación sísmica del SERNAGEOMIN (Imagen 101) como “Zona II” donde predominan los depósitos fluviales de los ríos Biobío y Andalién, sumado a lo anterior, el instrumento muestra una particularidad a considerar en este caso y es que el establecimiento se emplaza sobre la "Falla Caracol". Los suelos se clasifican como tipo III según la NCH433.Of96.

El establecimiento cuenta con 7 bloques de los cuales 2 serán analizados, como se puede observar en el esquema de emplazamiento (Imagen 101) los cuales están separados por una junta de dilatación sísmica, correspondientes a un bloque administrativo y a un bloque de aulas; el primero es un bloque más compacto de tres niveles con gran división espacial en primer nivel, la cual se va modificando en los



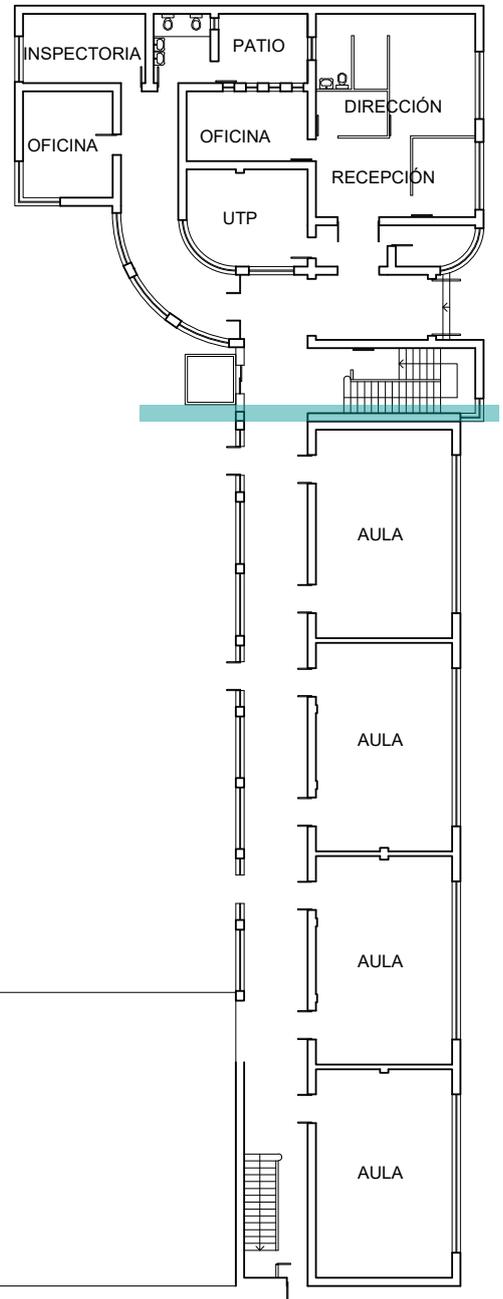
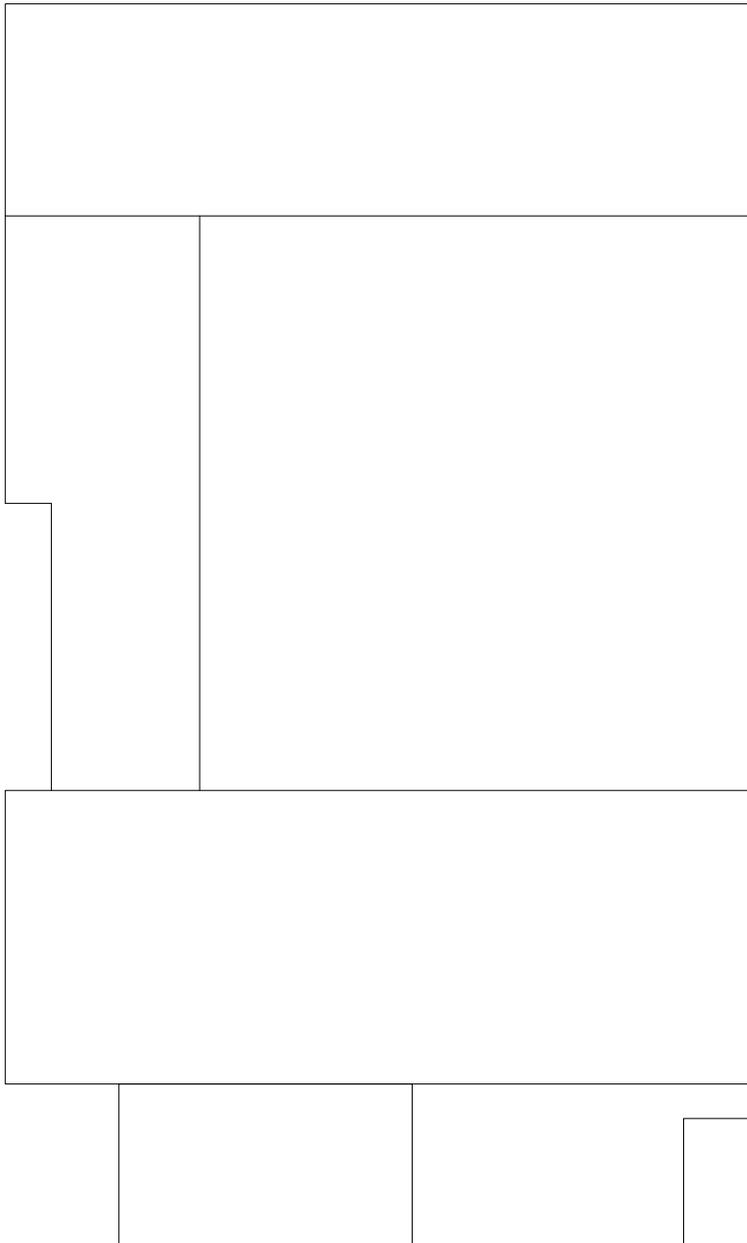
ELEVACIÓN PONIENTE



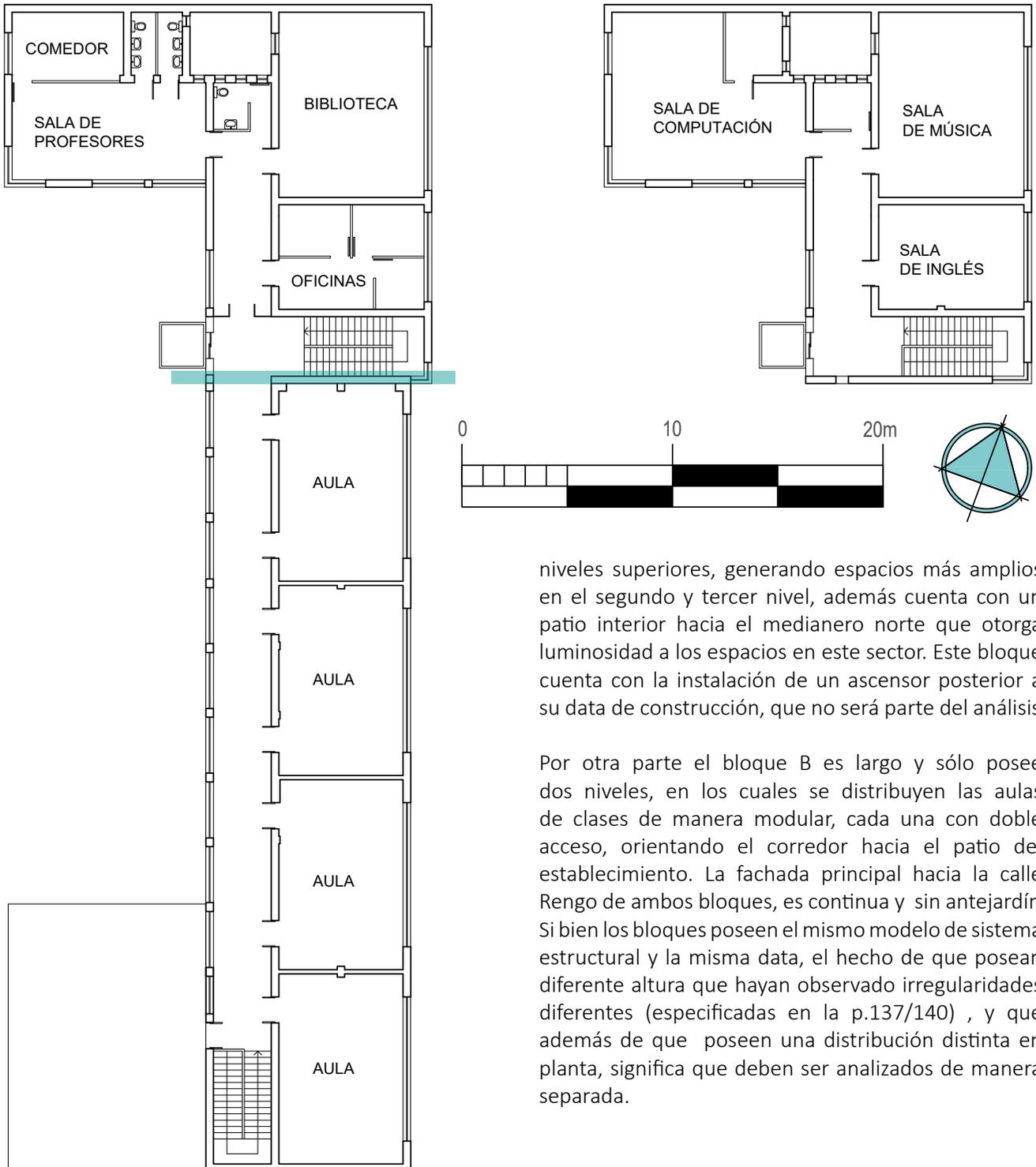
ELEVACIÓN ORIENTE

*Para este caso se contó con la siguiente información (1999):  
 Planos de arquitectura / Certificado de regularización.*

### PLANTA DE ARQUITECTURA PRIMER NIVEL



PLANTA DE ARQUITECTURA SEGUNDO Y TERCER NIVEL



niveles superiores, generando espacios más amplios en el segundo y tercer nivel, además cuenta con un patio interior hacia el medianero norte que otorga luminosidad a los espacios en este sector. Este bloque cuenta con la instalación de un ascensor posterior a su data de construcción, que no será parte del análisis.

Por otra parte el bloque B es largo y sólo posee dos niveles, en los cuales se distribuyen las aulas de clases de manera modular, cada una con doble acceso, orientando el corredor hacia el patio del establecimiento. La fachada principal hacia la calle Rengo de ambos bloques, es continua y sin antejardín. Si bien los bloques poseen el mismo modelo de sistema estructural y la misma data, el hecho de que posean diferente altura que hayan observado irregularidades diferentes (especificadas en la p.137/140) , y que además de que poseen una distribución distinta en planta, significa que deben ser analizados de manera separada.

### PLANTA DE ESTRUCTURA PRIMER NIVEL

El sistema estructural de ambos bloques es mixto en base a marcos rígidos de H.A. y muros tanto de H.A. como de albañilería reforzada, como en la mayoría de los casos ya estudiados esta materialidad cambia por niveles, cuanto más alto menos rígido y más liviano, como podemos observar en los ejes A y D y en gran parte de eje 2 y 3 del bloque B, mientras que en el bloque A podemos observar esta situación en los ejes D, H y 7

Mediante el análisis de los planos y material desarrollado por el equipo Fondecyt, se detectaron dos irregularidades estructurales de consideración en el bloque A, uno es el cambio abrupto de materialidad en un paño de muro de tercer nivel (imagen106) donde el sector que había sido constantemente H.A. en el eje H, cambia en una esquina, por aproximadamente 2.5m a albañilería reforzada (imagen105). Mientras que en la esquina opuesta del bloque en el eje A, existe discontinuidad vertical de un elemento de albañilería en uno de los lados del vano que acompaña la escalera, el pilar que sólo en tercer nivel queda a borde del muro además no está unido mediante ninguna viga a su pilar más cercano, dejando a la zona de tercer nivel

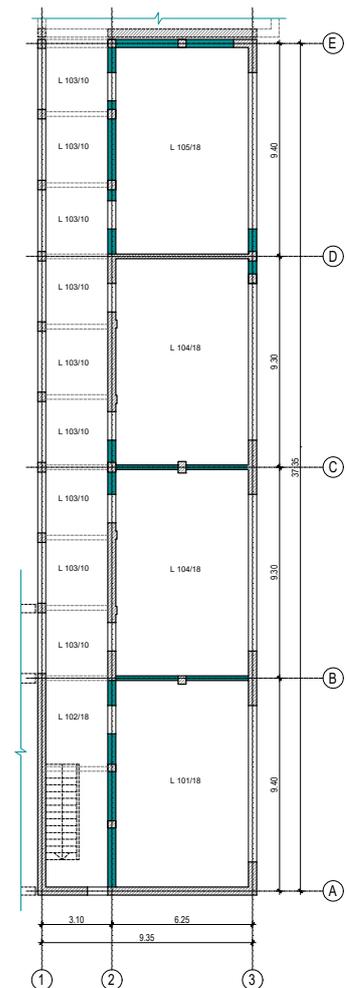
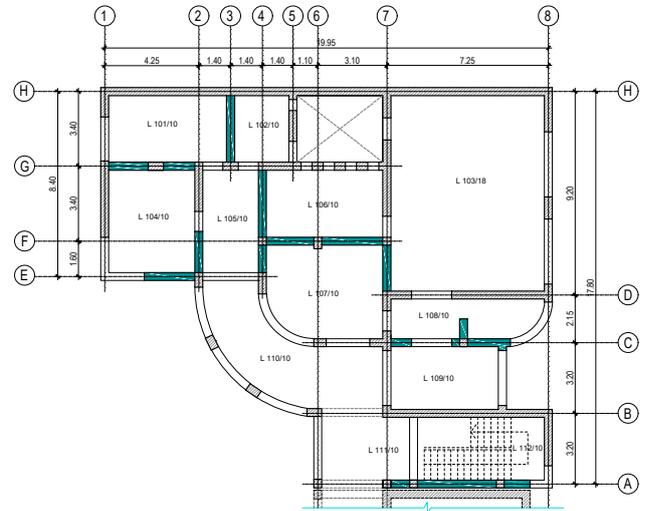
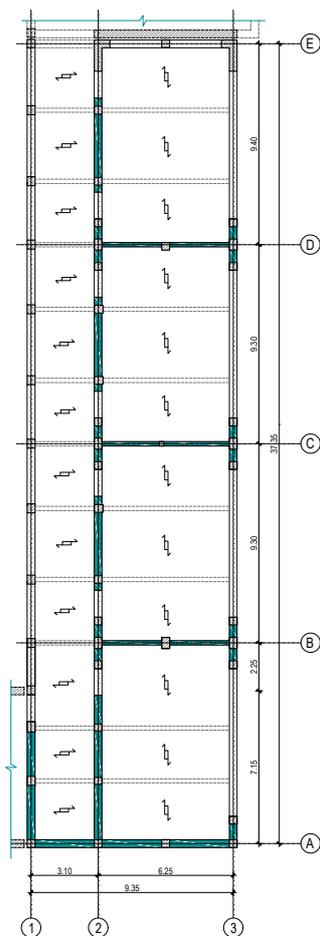
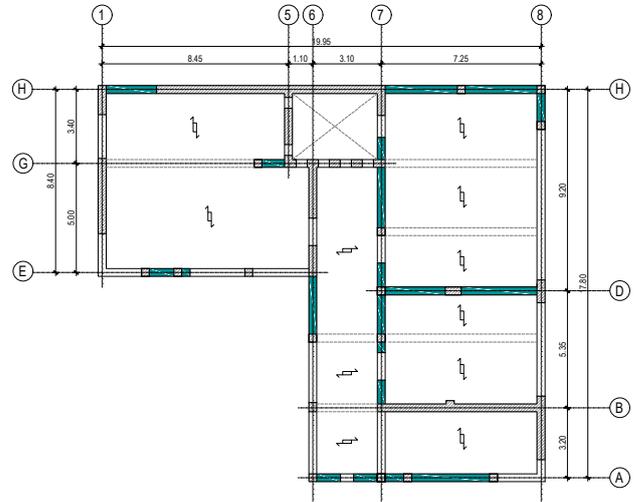
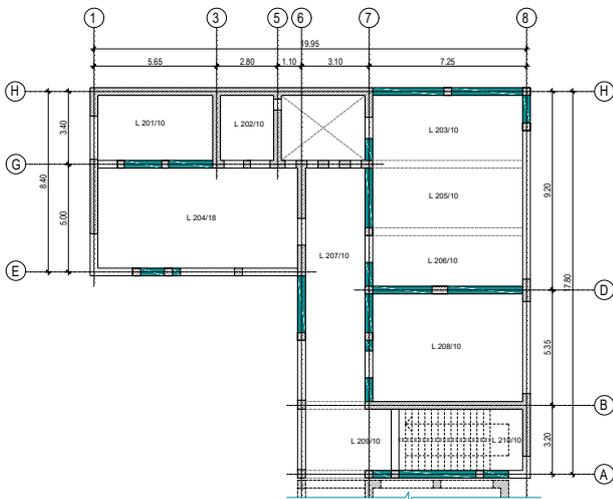


Imagen 105



de eje A con un problema de rigidez que puede influir en el riesgo frente a un sismo.

Mientras que en el bloque B la principal irregularidad es la discontinuidad de vigas en sentido transversal hacia las aulas en el primer nivel, esto probablemente respondería a evitar a torsión diferenciada en las losas de los corredores.

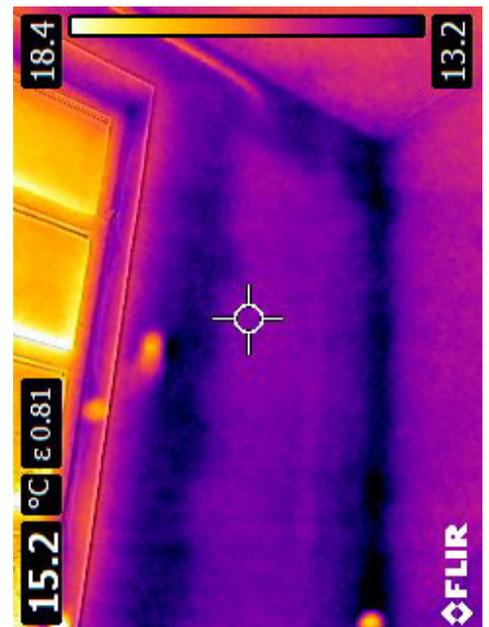
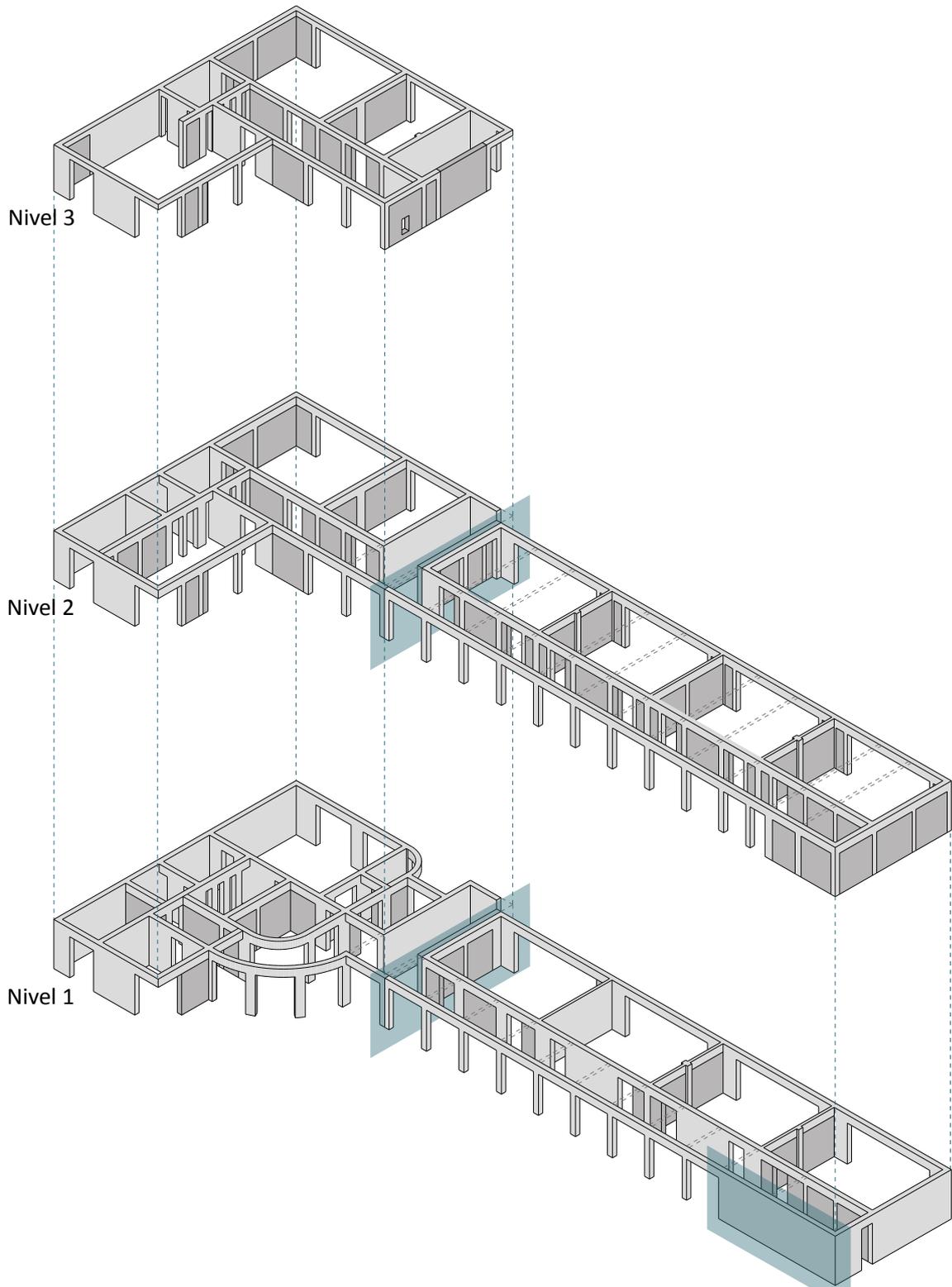


Imagen 106



■ Juntas de dilatación

**Imagen 107:** Modelo isométrico del sistema estructural de los bloques a analizar  
**Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 108



Imagen 109

Imagen 110



## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO A

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.
- planta que tiende a una forma más compacta en comparación a los otros bloques

### Irregularidades:

- Irregularidad vertical severa por cambio abrupto en materialidad y ausencia de viga en muro de escalera
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")
- Riesgo geológico por grieta caracol

### Daños Observados:

- Grietas en elementos estructurales.



Riesgo Geológico



Golpeteo



Otras Irregularidades



Unión pilar y viga



Redundancia



<b>Nombre del edificio:</b>	Liceo Experimental, ex Brasil	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} = -0.1$	(NO considerar $S_{MIN}$ )
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} = -1$	Irregularidad en planta, $P_{L1} = 0$
<b>Fecha y hora:</b>	23-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) = 0.9$	
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA				
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)	Sí	No	Subtotales por
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-1.3	VL2 = -1 (Máx. -1.3)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.	-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).	-1.3	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.	-1.3	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.	-1.0	
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior	-0.5	
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.	-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.	-0.5	
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.	-0.3	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.	-0.5	
	Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0.5	
Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.		-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical severa que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical moderada que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.	-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)	-0.8	PL2 = 0 (Máx. -1.3)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.	-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.	-0.3		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta	-0.4		
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observables en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-0.8		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.	+0.3		
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 0,5% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-1.0	M = 0,4 (Máx. total de golpeteos modificadores en -1.3)
		Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	-1.0	
		El edificio está en el extremo del bloque.	-0.5	
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostamientos diagonales) es visible.	-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.	-0.5		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).	+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)	+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.	-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.	+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math> :</b>		<b>0,3</b>	<b>(transferir al formulario L1)</b>	
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO				
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.				
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")	Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.			
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.			En acceso
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.			
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.			
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.			
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:			
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca			
Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:				
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada		
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada		
<input checked="" type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada		

## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO B

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.
- Presencia de juntas sísmicas que acortan el bloque

### Irregularidades:

- Excentricidad
- La forma en planta continua siendo mas larga que ancha a pesar de la presencia de juntas sísmicas
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")
- Riesgo geológico por grieta caracol

### Daños Observados:

- Grietas en elementos estructurales.
- Daño en muro perimetral (imagen 111)



Imagen 111



Imagen 112

Imagen 113



Riesgo Geológico



Golpeteo



Torsión



Unión pilar y viga



Redundancia

## RESULTADOS DE APLICACIÓN FORMULARIO FEMA P-154 ADAPTADO EN BLOQUE B

Mientras que para el bloque B con la misma información general, pero con distintas irregularidades aplicadas a la ficha, se obtiene  $SL1=0.3$ . Aplicando, por lo tanto la ficha L2, en la cual se detalla de manera más específica las irregularidades morfológicas del edificio; el valor resultante del detalle de las irregularidades y el diseño estructural del edificio es  $SL2=0.5$ . Todo lo anteriormente mencionado arroja un valor como puntaje total de  $S=0.8$ . Es decir, hay una probabilidad de 1 en 6.3 de que alguno de sus elementos colapse frente a un sismo, menor que el caso del bloque A, pero aún sigue siendo muy vulnerable.

0,8  
 $S (S_{L1} + S_{L2})$

**SISMICIDAD MEDIA-ALTA**

<b>Dirección:</b> Rengo 65, Concepción, Región del Bío Bío		Riesgos geológicos	Licuefacción	SI / No / S/I	Deslizamiento de tierra	SI / No / S/I	Ruptura de la superficie	SI / No / S/I
		Proximidad	<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo		<input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto			
<b>Otros identificadores</b>		<b>Bloque B</b>						
<b>Nombre de edificio</b>		Liceo N°39 Polivalente Experimental Lucila Godoy Alcayaga, Ex D-519 escuela República de Brasil						
<b>Zona sísmica según NCh433</b>		Zona III						
<b>Latitud:</b>	-36.832.265	<b>Longitud:</b>	-73.049.677					
<b>Terremotos que han afectado el inmueble:</b>		1960-7,3-7,3-7,3-7,4Ms-9,5Mw	1975-7.7Ms	2010-8.8 Mw				
<b>Evalrador (s)</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Fecha</b>	23-12-2018					
<b>N° de pisos:</b>	3	<b>Año de construcción</b>	1960 <input checked="" type="checkbox"/> EST					
<b>Bajo suelo</b>	0 Sobre suelo:		3					
<b>Área por piso</b>	446 m² aprox. por piso		<b>Área total</b>		892 m² aprox			
<b>Ampliaciones</b>	<input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Sí, año de construcción: S/I							
<b>Ocupación</b>		Reunión	Comercial	Servicios de emergencia.		<input type="checkbox"/> Histórico	<input type="checkbox"/> Albergue	
		Industria	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/> Educativa		<input type="checkbox"/> Gubernamental		
<b>Servicios públicos</b>		Bodega	Residencial, número de unidades: _____					
<b>Tipo de suelo (según NCh433)</b>		<input type="checkbox"/> I roca	<input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa	<input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada	<input type="checkbox"/> IV Suelo pobre	<input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV		

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, $S_{L1}$																
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)	
Puntuación base	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	
Irregularidad Vertical Severa, $V_{L1}$	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8	
Irregularidad Vertical Moderada, $V_{L1}$	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	
Irregularidad en planta, $P_{L1}$	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	
Previo a norma 1957	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	
Posterior a norma 1972	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A	
Suelo tipo I o II	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	
Puntaje mínimo, $S_{MIN}$	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	

**PUNTAJACIÓN FINAL** (debe cumplir  $SL1 \geq S_{MIN}$ )  $SL1 = 1.8 - 0.7 - 0.5 - 0.4 = 0.2$ ; menor a  $S_{MIN}$ , se considera  $S_{MIN} = 0.3$  y se aplica formulario L2

<b>Extensión de la revisión</b> Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: Mapa de microzonificación sísmica por SERNAGEOMIN Fuente de Riesgos geológicos: Persona de contacto:		<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que $SL2 >$ corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input checked="" type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural	<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el mínimo <input checked="" type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**¿Se realizó evaluación del formulario L2?**  
 Sí, puntaje final L2,  $SL2 = 0.5$   No

**¿Daños no estructurales?**  Sí  No

**Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente:** EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

**Leyenda:** MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS= Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD= Marco arriostrado con diagonales AC= Albañilería Confinada TU= Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML= Metal ligero

**TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.**  
 Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.  
 Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.  
 Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.  
 Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.  
 Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.  
 Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.  
 Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado

<b>Nombre del edificio:</b> Liceo Experimental, ex Brasil		<b>Puntuación final nivel 1:</b>		$S_{L1} = 0.2$ (NO considerar $S_{MIN}$ )		
<b>Examinador:</b> Patricia Gutiérrez		<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>		Irregularidad vertical, $V_{L1} = 0$ Irregularidad en planta, $P_{L1} = -0.7$		
<b>Fecha y hora:</b> 23-12-2018		<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>		$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) = 0.9$		
<b>MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA</b>						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			Sí	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.		-1.3	VL2 = 0 (Máx. -1.3)	
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.		-0.3		
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.		-0.6		
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).		-1.3		
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.		-1.3		
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.		-1.0		
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior		-0.5		
	Retroceso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.		-1.0		
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.		-0.5		
		Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.		-0.3		
	Columna corta/ pilar	B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.		-0.5		
		B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortar la columna.		-0.5		
	Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.		-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.		-1.0			
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.		-0.5			
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0.8	PL2 = -0.8 (Máx. -1.3)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.3		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0.4		
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0.8		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+0.3	M = 0.4	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 0,5% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:		(Máx. total de golpeteos modificadores en -1.3)	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-1.0
	Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.			-1.0		
	El edificio está en el extremo del bloque.			-0.5		
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0.5		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>				<b>0,5</b>	(transferir al formulario L1)	
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO						
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
<b>PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES</b>						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")			Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:						
Interior	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:					
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada				
<input checked="" type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada				



Imagen 114



Imagen 115

Imagen 116



## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO

La principal diferencia entre los puntajes arrojados por los bloques es la presencia de las irregularidades verticales severas en el bloque A, lo cual también presenta una amenaza al bloque B, ya que el muro que carece de viga superior, se encuentra en el tercer nivel y en el eje de la junta de dilatación, lo que podría en un caso extremo representar riesgo de caída para el bloque B. A pesar de que los puntajes obtenidos en la aplicación de los formularios no fue baja, la presencia de una amenaza geológica como la "Falla Caracol", hace necesario la aplicación de un análisis estructural detallado en el establecimiento.

Ambos bloques resultan muy vulnerables en relación al puntaje obtenido, si a esto le sumamos el hecho de que presentan una falla geológica, la priorización de un análisis estructural detallado para estos bloques es necesaria.

## E.

### COLEGIO MARINA DE CHILE (1956)

El establecimiento donde actualmente funciona el Colegio Marina de Chile se fundó el año 1956, por el Decreto 5.693 del 03 de Julio de 1956 como escuela N° 74 de mujeres, de Concepción, impartiendo Educación prebásica y básica, añadiendo años después en 2003 la enseñanza media, adoptando por Decreto N° 1.318 e nombre de Liceo Marina de Chile, cambiando a colegio tres años después.

El establecimiento se ubica en una “Zona III”, según el mapa de microzonificación sísmica, desarrollado por el SERNAGEOMIN (imagen 101), que corresponde a afloramientos rocosos y suelos arcillosos; a depósitos coluviales en el pie de laderas, intercaladas con arenas fluviales y eólicas con abundantes limos, y en áreas más restringidas, a suelos de origen antrópico y



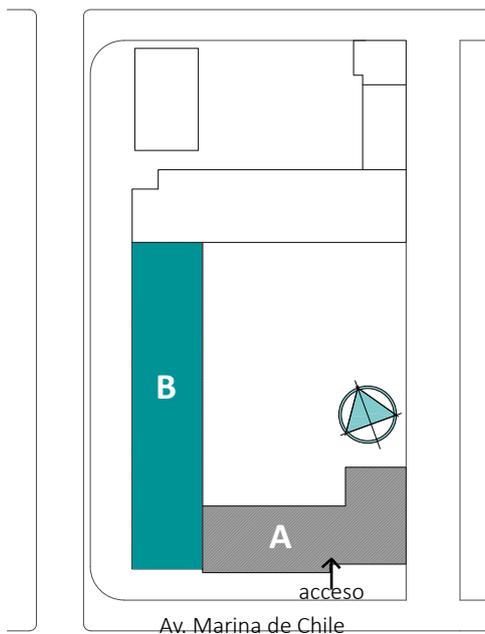
Imagen 117: Ubicación.

Fuente: Elaboración propia en base a google earth.



Imágenes 118: Vista del acceso principal

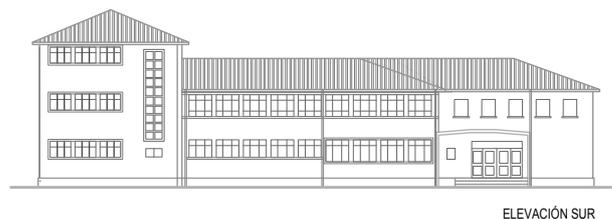
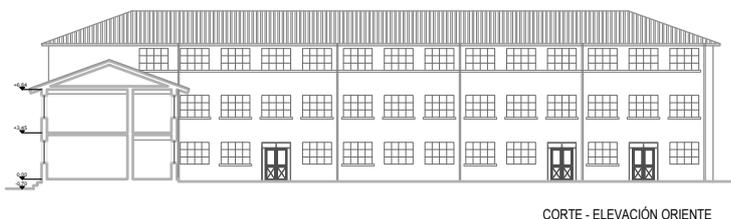
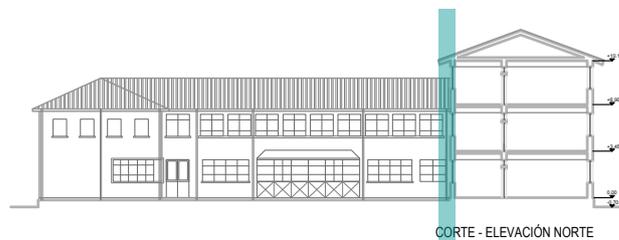
Fuente: Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.



humedales. En base a un cruce de este instrumento con la norma NCh 433.Of96 y según esta última, el suelo corresponde a “Tipo III” (Grava o arena no saturada).

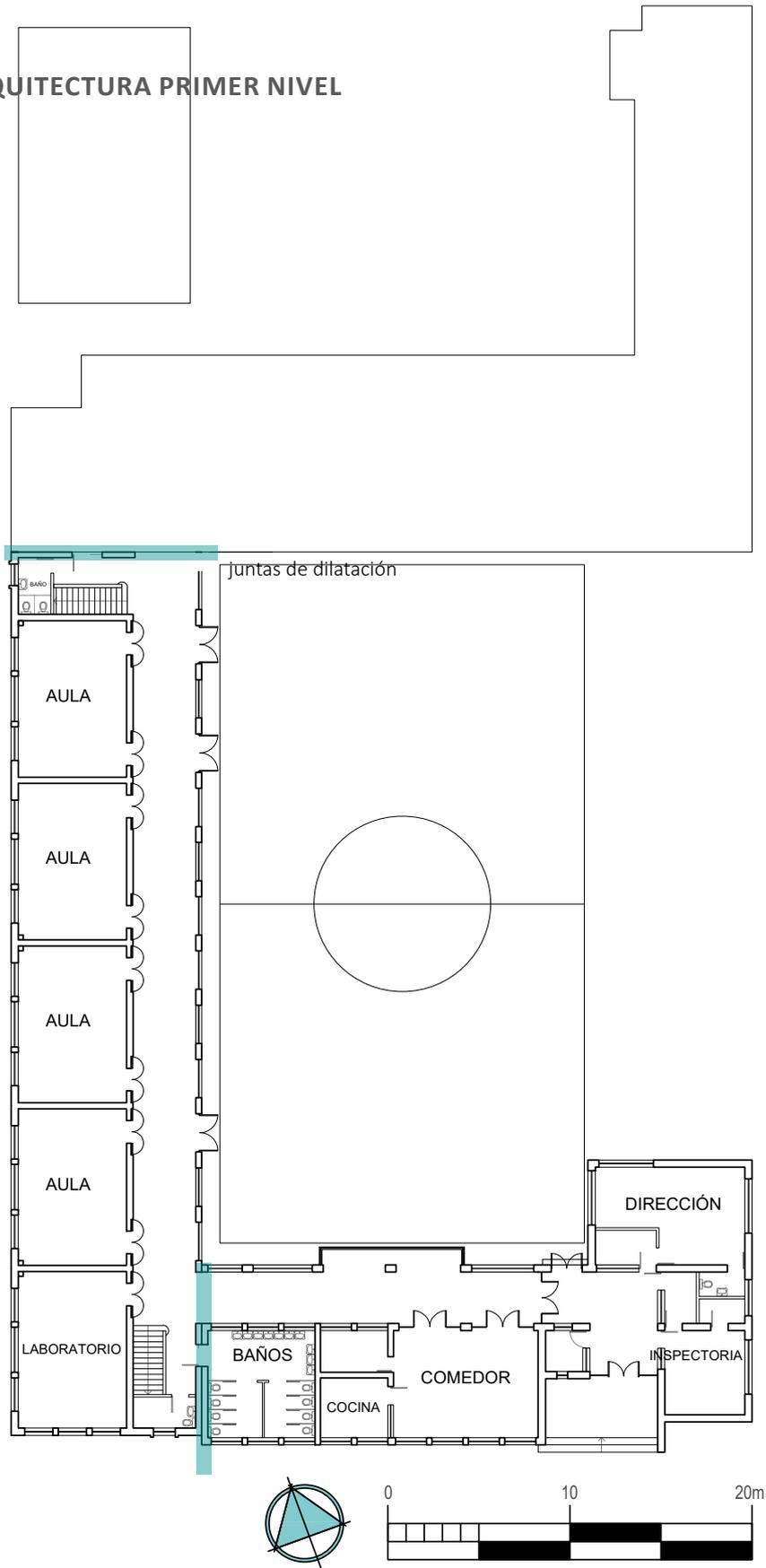
En el esquema de emplazamiento se puede observar la configuración espacial del establecimiento, el cual corresponde a 5 bloques, sin embargo, para efectos de la presente investigación, se analizarán los bloques destacados A y B por la concentración de aulas, los años de construcción, compatibles con el periodo de análisis de la investigación, la conservación de su arquitectura y morfología original, y por la cantidad de niveles superior al resto de los bloques del establecimiento.

**Imagen 119:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia

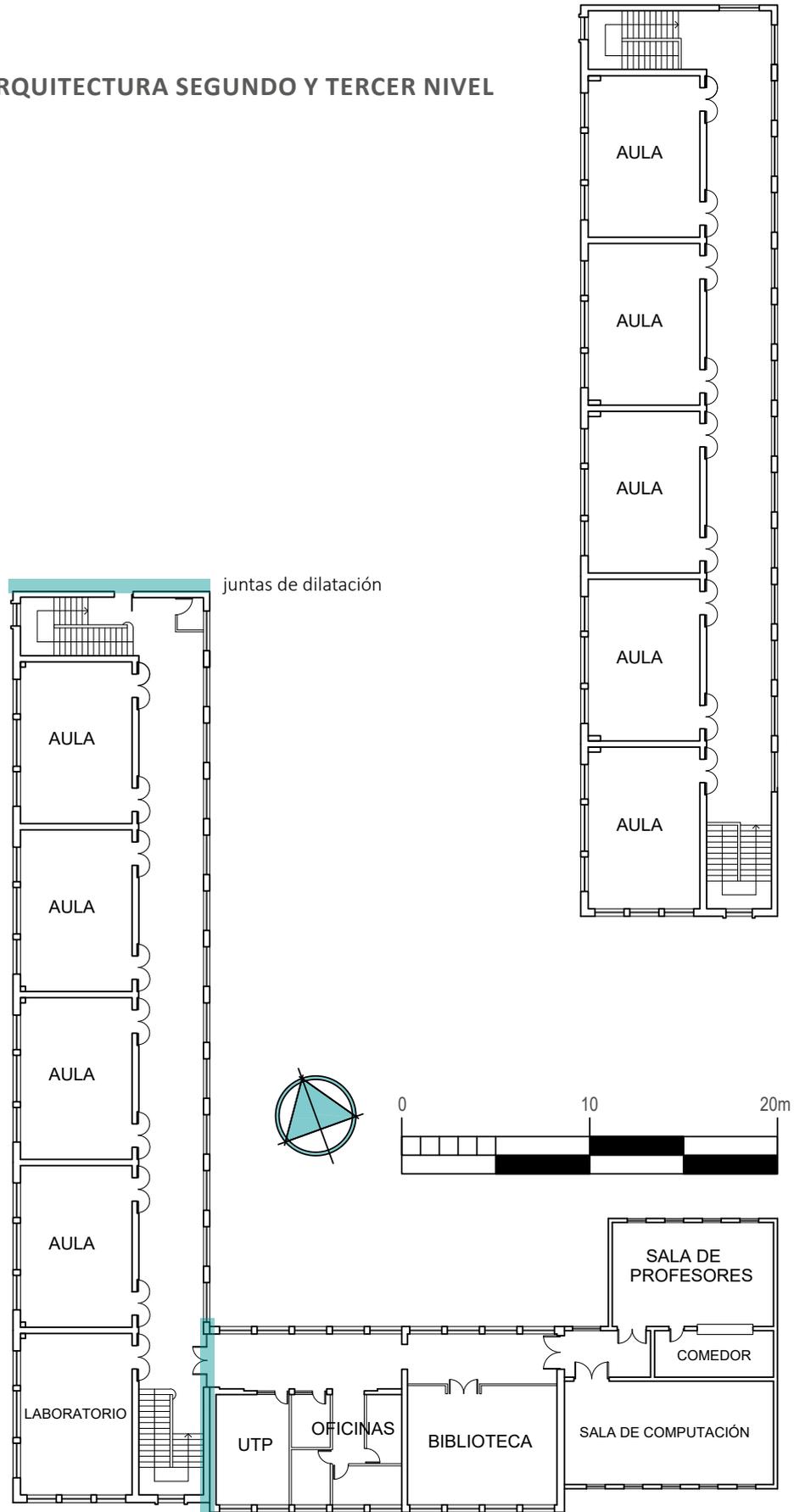


*Para este caso se contó con la siguiente información (1999):  
 Planos de arquitectura / Certificado de regularización.*

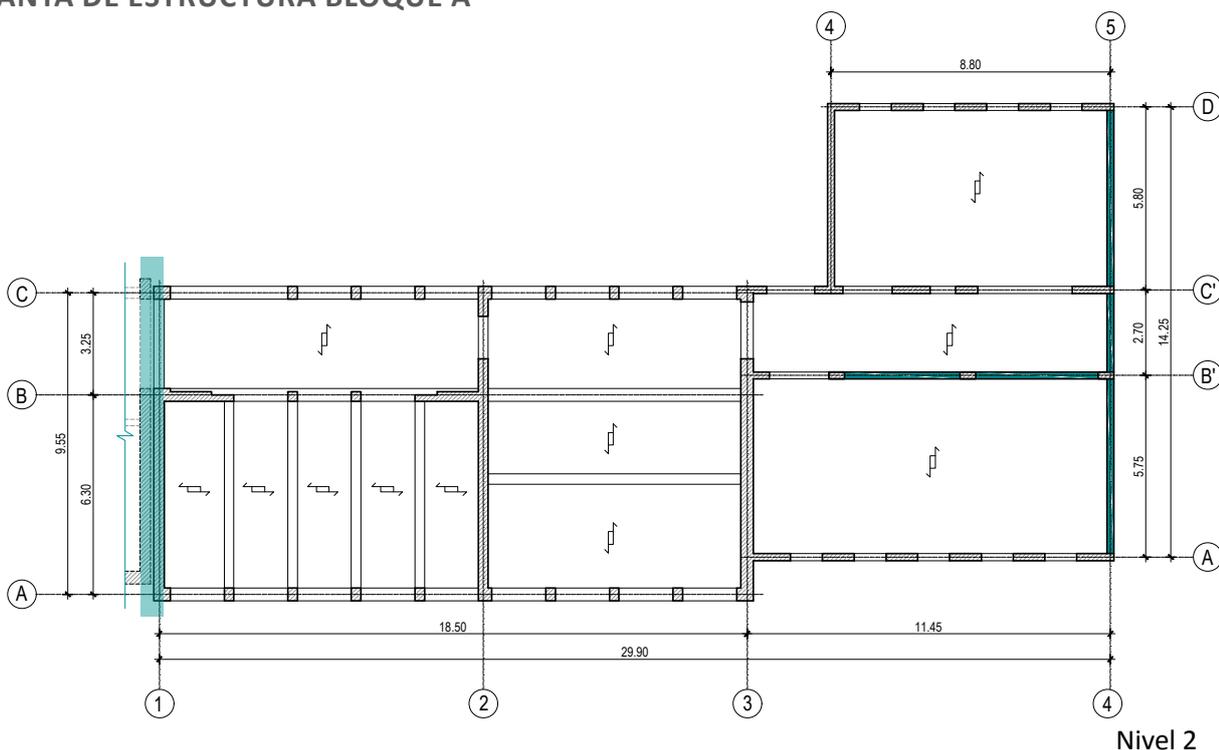
## PLANTA DE ARQUITECTURA PRIMER NIVEL



### PLANTA DE ARQUITECTURA SEGUNDO Y TERCER NIVEL



### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE A



- Hormigón Armado
- Vigas
- Albañilería Reforzada
- Vigas invertidas
- Juntas de dilatación

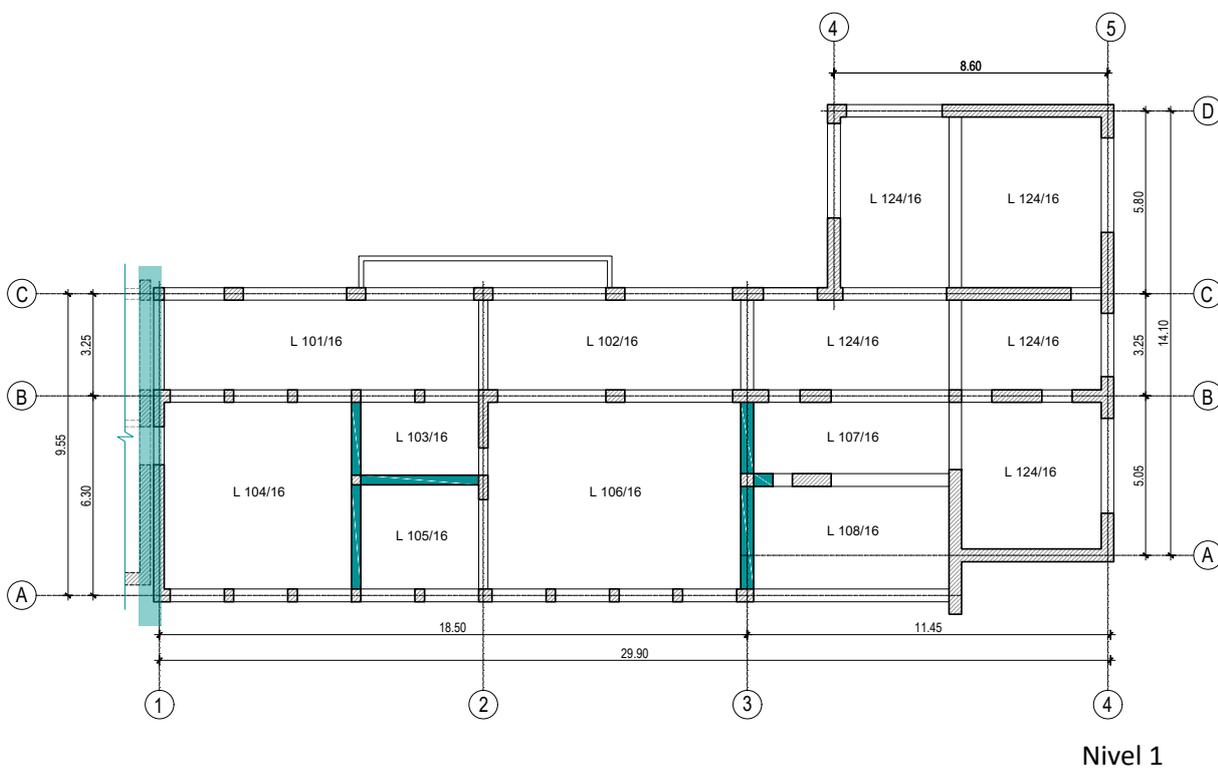




Imagen 120



Imagen 121



Imagen 122



Imagen 123

Imagen 124



Imagen 125



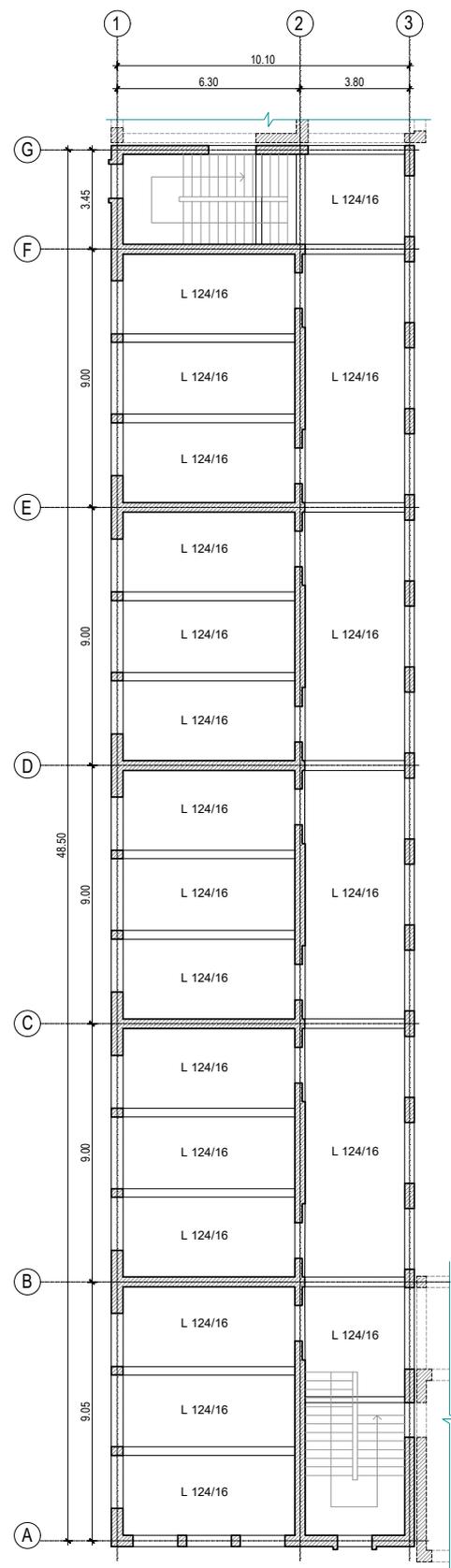
### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE B

Al observar la distribución espacial general del establecimiento observamos dos bloques paralelos a la calle Marina de Chile, el bloque administrativo de dos pisos (Bloque A) y el gimnasio, este último, a su vez divide los patios de párvulos y general. Mientras que en orientación perpendicular a los anteriores se encuentran el bloque de aulas (Bloque B), el de párvulos y el de servicio. El primero es el bloque más alto y largo del establecimiento y termina de contener visualmente al patio general, el segundo es un bloque construido posteriormente y es completamente aislado ya que contiene las salas de actividades parvularias y por último, el tercero, también construido con posterioridad, se divide en dos partes, los camarines a los cuales se accede desde el gimnasio y el sector que contiene el resto del programa del sector de párvulos.

En las plantas de arquitectura se puede observar la distribución espacial modular y constante en todos los niveles del bloque B, ya que albergan la totalidad de las aulas de clases. Mientras que en el bloque A la distribución espacial depende del programa de uso administrativo como las oficinas, salas y comedor de profesores, entre otros.

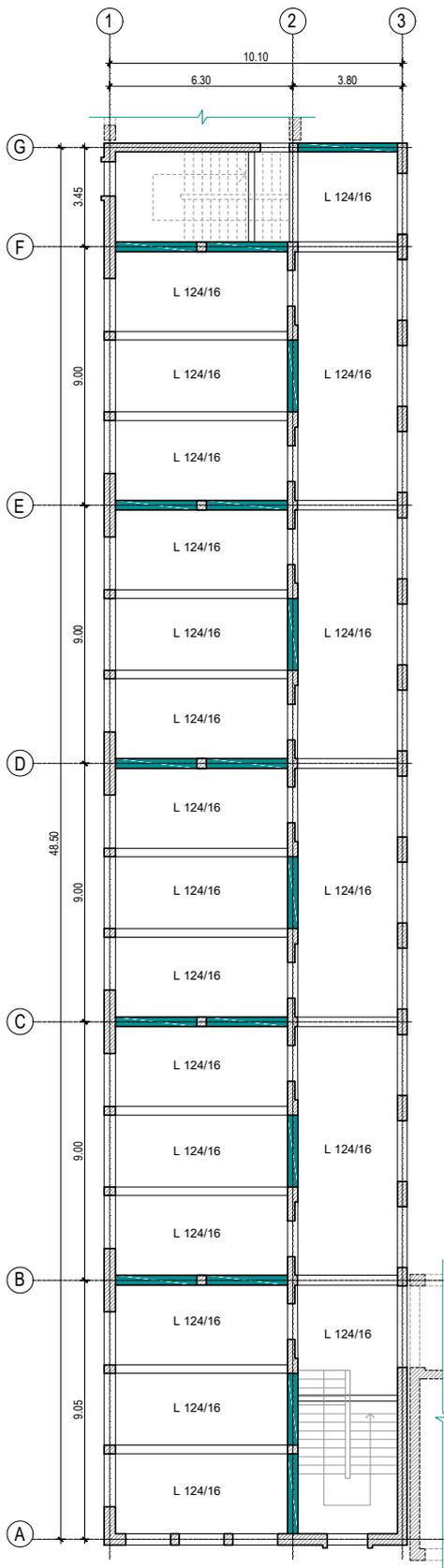
La estructura soportante del edificio a analizar corresponde a un sistema mixto con marcos rígidos de hormigón armado y muros tanto de H.A. como de albañilería de ladrillo reforzada. Entre el bloque A y B existe una junta de dilatación sísmica que separa los cuerpos estructurales, sin embargo cumple sólo con el criterio de diseño de la NCh433.Of96 y no con el criterio del FEMA (ver Tabla 12).

- Hormigón Armado
- Albañilería Reforzada
- Juntas de dilatación
- Vigas
- Vigas invertidas

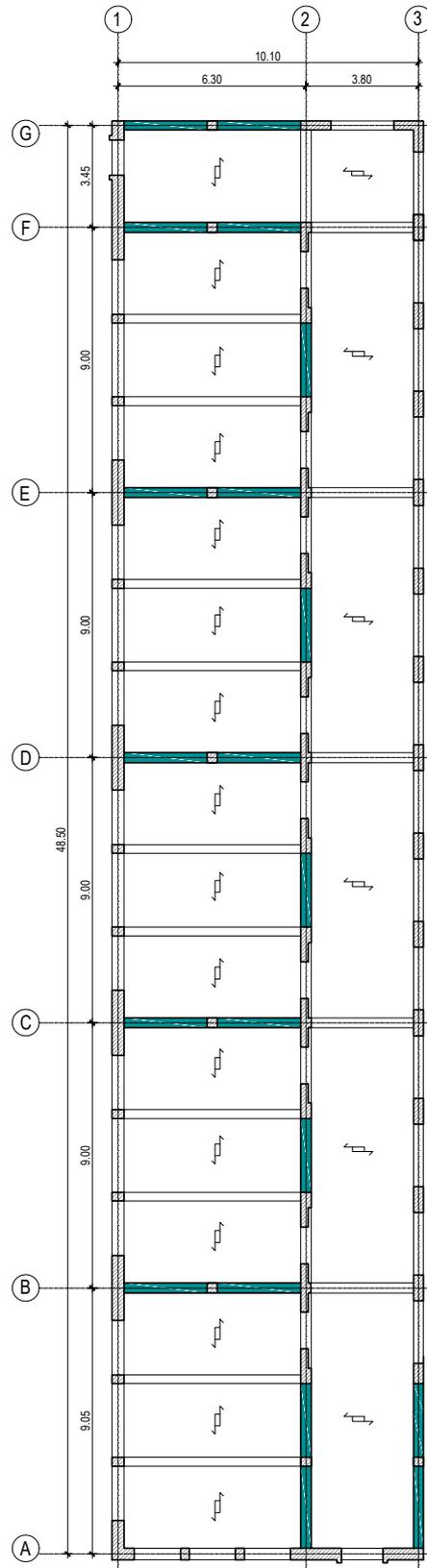


Nivel 1

### PLANTA DE ESTRUCTURA BLOQUE B



Nivel 2



Nivel 3

## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO A

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.
- planta que tiende a una forma más compacta en comparación a los otros bloques

### Irregularidades:

- Discontinuidad vertical en elementos del eje B' (Irregularidad moderada)
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")
- Construcción previa a normas constructivas de 1957

### Daños Observados:

- Grietas en elementos estructurales.
- Pérdida de material en elementos no estructurales.

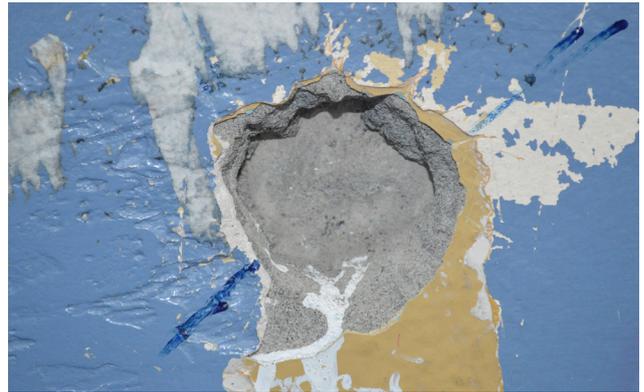


Imagen 126



Imagen 127

Imagen 128



Golpeteo



Otras Irregularidades



Unión pilar y viga



Redundancia

## RESULTADOS DE APLICACIÓN FORMULARIO FEMA P-154 ADAPTADO BLOQUE A

De acuerdo a lo establecido anteriormente por los instrumentos del SERNAGEOMIN y la NCh433.Of96 se utiliza el formulario correspondiente a “Alta sismicidad”, se caracteriza el edificio y su suelo de manera general marcando la presencia de golpeteo potencial e irregularidad vertical, para posteriormente registrar su tipología constructiva y aplicar los puntajes asignados a irregularidades o condiciones morfológicas expuestas, obteniendo  $SL_1=0.6$ . Aplicando, por lo tanto la ficha L2, preventivamente, en la cual se detalla de manera más específica las irregularidades morfológicas del edificio; el valor resultante es de  $SL_2=1.0$ . Todo lo anteriormente mencionado arroja un valor como puntaje total de  $S=1.6$ , lo que significa que tiene una probabilidad de 1 en 40 de presentar algún tipo de colapso.

ALTA SISMICIDAD

1,6

$S(S_{L1} + S_{L2})$

Dirección: Marina de Chile 2836, Concepción, Región del Bío Bío		Riesgos geológicos		Licuefacción	Sí / No / S/I	Deslizamiento de tierra	Sí / No / S/I	Ruptura de la superficie	Sí / No / S/I						
Rol SII		Proximidad		<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo	<input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto										
Otros identificadores		Bloque A		Irregularidades											
Nombre de edificio		D-549 Colegio Marina de Chile		<input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad)		<input type="checkbox"/> Discontinuidad moderada en elementos verticales									
Zona sísmica según NCh433		Zona III		<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas		<input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados									
Latitud: -36.809.017		Longitud: -73.073.742		<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo		<input type="checkbox"/> Apéndices									
Terremotos que han afectado el inmueble:		1960-7,3-7,3-7,4Ms-9,5Mw		1975-7.7Ms		2010-8.8 Mw									
Evaluador (s) Patricia Gutiérrez		Fecha 23-12-2018		Ocupación		Reunión		Comercial		Servicios de emergencia.		<input type="checkbox"/> Histórico		<input type="checkbox"/> Albergue	
N° de pisos: 2		Año de construcción 1956		<input type="checkbox"/> EST		Industria		Oficina		<input checked="" type="checkbox"/> Educativa		<input type="checkbox"/> Gubernamental			
Bajo suelo <input type="checkbox"/> Sobre suelo: <input checked="" type="checkbox"/>		2		Residencial, número de unidades:											
Área por piso 347 /339 m² aprox. por piso		Área total 686 m² aprox		Tipo de suelo (según NCh433)		<input type="checkbox"/> I roca		<input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa		<input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarudada		<input type="checkbox"/> IV Suelo pobre		<input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV	
Ampliaciones <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:															

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1,  $S_{L1}$

TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0
Irregularidad Vertical Severa, $V_{L1}$	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7
Irregularidad Vertical Moderada, $V_{L1}$	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
Irregularidad en planta, $P_{L1}$	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4
Previo a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2
Puntaje mínimo, $S_{MIN}$	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

PUNTAJE FINAL (debe cumplir  $SL_1 \geq S_{MIN}$ )  $SL_1 = 1.7 - 0.5 - 0.5 - 0.1 = 0.6$  ;menor a  $S_{MIN}$ , se considera  $S_{MIN} = 0.3$  y se aplica formulario L2

<b>Extensión de la revisión</b> Exterior <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: _____ Fuente de Riesgos geológicos: _____ Persona de contacto: _____		<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que $SL_2 >$ corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural		<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el corte <input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I	
¿Se realizó evaluación del formulario L2? <input checked="" type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, $SL_2 = 1$ <input type="checkbox"/> No		¿Daños no estructurales? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No			

Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero

Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.  
 Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.  
 Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.  
 Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.  
 Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.  
 Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.  
 Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado

<b>Nombre del edificio:</b> Marina de Chile		<b>Puntuación final nivel 1:</b>		$S_{L1} = 0,6$ (NO considerar SMIN)		
<b>Examinador:</b> Patricia Gutiérrez		<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>		$Irregularidad\ vertical,\ V_{L1} = -0,5$	$Irregularidad\ en\ planta,\ P_{L1} = 0$	
<b>Fecha:</b> 23-12-2018		<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>		$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) = 1,1$		
MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "Si" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			Sí	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-1.2	VL2 = -0.5 (Máx. -1.2)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.			-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas (para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).			-1.2	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.			-1.2	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.			-0.9	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.			-0.5	
	Retroceso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.			-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.			-0.5	
		Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.			-0.3	
	Columna corta/pilar	B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura/ancho inferiores al 50% de la relación de altura/ancho nominal en ese nivel.			-0.5	
		B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles/vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.			-0.5	
Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.			-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.			-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0.7	PL2 = 0 (Máx. -1.1)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0.4		
	La apertura del diafragma: Hay una apertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.2		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0.4		
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0.7		
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+0.3	M = +0.4	
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-1.0		
		Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.		-1.0		
		El edificio está en el extremo del bloque.		-0.5		
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0.4		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciadas (muy compartimentado) y de altura completa (en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1.4		
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>				<b>1</b>		(transferir al formulario L1)
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio:				<input type="checkbox"/> SÍ		<input checked="" type="checkbox"/> NO
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "Sí" o "No")			Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:					
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:						
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada				
<input checked="" type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada				

## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO B

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.

### Irregularidades:

- Excentricidad
- Bloque largo y angosto, además de poseer una cantidad mayor de niveles en relación a los otros bloques
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")
- Construcción previa a normas constructivas de 1957

### Daños Observados:

- Grietas en elementos estructurales.
- Pérdida de material en elementos no estructurales.



Imagen 129



Imagen 130



Imagen 131



Golpeteo



Torsión



Unión pilar  
y viga



Redundancia

## RESULTADOS DE APLICACIÓN FORMULARIO FEMA P-154 ADAPTADO

Por otra parte el registro de irregularidades o condiciones morfológicas del bloque B, obtiene un  $SL_1=0,4$ . Aplicando, de manera preventiva la ficha L2, en la cual se detalla de manera más específica las irregularidades morfológicas del edificio; el valor resultante del detalle de las irregularidades y el diseño estructural del edificio es  $SL_2=0,8$ . Todo lo anteriormente mencionado arroja un valor como puntaje total de  $S= 1,2$ , lo que significa que posee una probabilidad de 1 en 16 de presentar algún tipo de colapso.

**1,2**  
 $S(S_{L1} + S_{L2})$

**ALTA SISMICIDAD**

Dirección: Marina de Chile 2836, Concepción, Región del Bío Bío		Riesgos geológicos	Licuefacción	<input checked="" type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I	Deslizamiento de tierra	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I	Ruptura de la superficie	<input type="checkbox"/> Sí / <input type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I
Otros identificadores: Bloque B		Proximidad	<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo	<input type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto				
Nombre de edificio: D-549 Colegio Marina de Chile		Irregularidades	<input type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad)					
Zona sísmica según NCh433: Zona III		<input checked="" type="checkbox"/> En planta						
Latitud: -36.809.017 Longitud: -73.073.742		Riesgos exteriores de caída						
Terremotos que han afectado el inmueble: 1960-7,3-7,3-7,4Ms-9,5Mw 1975-7,7Ms 2010-8,8 Mw		<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados						
Evaluador (s): Patricia Gutiérrez Fecha: 23-12-2018		<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo <input type="checkbox"/> Apéndices						
N° de pisos: 3 Año de construcción: 1956 <input type="checkbox"/> EST		Ocupación: Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue						
Bajo suelo: <input type="checkbox"/> Sobre suelo: 3		Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Gubernamental						
Área por piso: 512 m² aprox. por piso Área total: 1536 m² aprox		Servicios públicos <input type="checkbox"/> Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____						
Ampliaciones: <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción: _____		Tipo de suelo (según NCh433): <input type="checkbox"/> I roca <input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV						

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, $S_{L1}$															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0
Irregularidad Vertical Severa, $V_{L1}$	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7
Irregularidad Vertical Moderada, $V_{L1}$	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
Irregularidad en planta, $P_{L1}$	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4
Previa a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2
Puntaje mínimo, $S_{MIN}$	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

**PUNTAJE FINAL** (debe cumplir  $SL_1 \geq S_{MIN}$ )  $SL_1 = 1,7 - 0,7 - 0,5 - 0,1 = 0,4$  ; menor a  $S_{MIN}$ , se considera  $S_{MIN} = 0,3$  y se aplica formulario L2

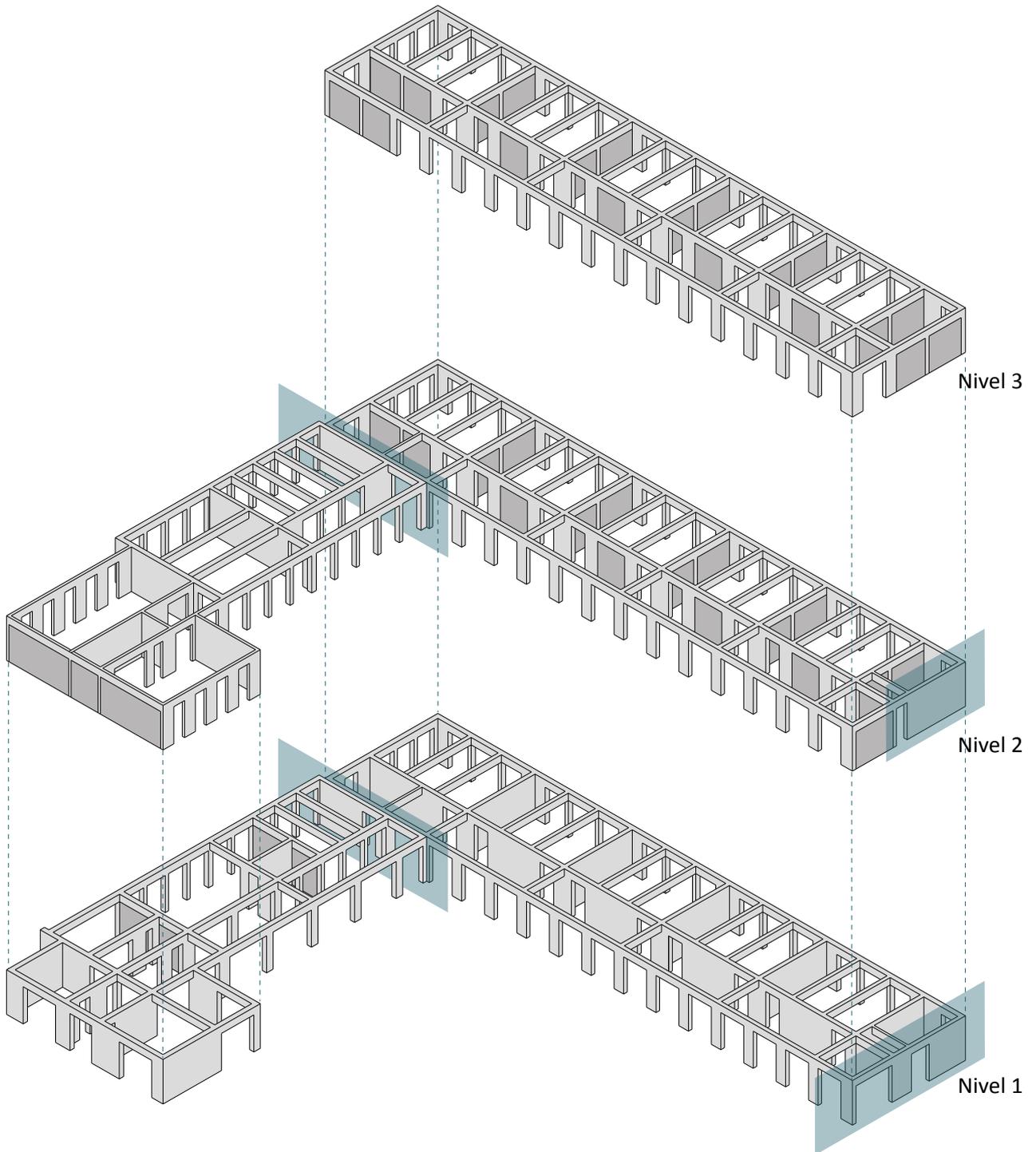
<b>Extensión de la revisión</b> Exterior: <input checked="" type="checkbox"/> Parcial <input type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo Interior: <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó Planos revisados: <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: _____ Fuente de Riesgos geológicos: _____ Persona de contacto: _____	<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que $SL_2 >$ corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural	<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el corte <input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input checked="" type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente:** EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero

Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.  
 Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.  
 Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.  
 Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.  
 Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.  
 Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.  
 Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado

<b>Nombre del edificio:</b>	Marina de Chile	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} = 0.4$	(NO considerar S <sub>MIN</sub> )	
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} = 0$	Irregularidad en planta, $P_{L1} = -0.7$	
<b>Fecha:</b>	23-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) = 1.1$		
<b>MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA</b>					
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)		Si	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-1.2	V <sub>L2</sub> = 0 (Máx. -1.2)	
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.	-0.3		
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.	-0.6		
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).	-1.2		
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.	-1.2		
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.9		
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior	-0.5		
	Retroceso	Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.	-1.0		
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.	-0.5		
		Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.	-0.3		
	Columna corta/pilar	B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura/ancho inferiores al 50% de la relación de altura/ancho nominal en ese nivel.	-0.5		
		B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles/vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.	-0.5		
	Nivel dividido	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.	-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical severa que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-1.0			
	Se observa otra irregularidad vertical moderada que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.	-0.5			
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)	-0.7	P <sub>L2</sub> = -0.7 (Máx. -1.1)		
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.4			
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.	-0.4			
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.	-0.2			
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta	-0.4			
Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.	-0.7				
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.	+0.3	M = +0.4		
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:				
	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.	-1.0			
	Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.	-1.0			
	El edificio está en el extremo del bloque.	-0.5			
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostamientos diagonales) es visible.	-1.0			
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.	-0.4			
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).	+0.3			
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciadas (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)	+0.3			
F2	Las paredes del frontón están presentes.	-0.4			
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.	+1.4			
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>:</b>			<b>0,8</b>	(transferir al formulario L1)	
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> SÍ <input checked="" type="checkbox"/> NO					
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.					
<b>PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES</b>					
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")		Si	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.				
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.				
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.				
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.				
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.				
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.				
	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:				
Interior	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca				
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:				
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)					
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada			
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada			
<input checked="" type="checkbox"/> poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada			



Juntas de dilatación

**Imagen 132:** Modelo isométrico del sistema estructural de los bloques a analizar  
**Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 133



Imagen 134



Imagen 135

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO

Recorriendo el establecimiento se encuentran diferentes lesiones atribuibles a la falta de resistencia frente a los esfuerzos de corte sísmico en los planos de los muros y de flexiones por esfuerzos perpendiculares a los muros. Como ejemplo se aprecian grietas diagonales en muros con vanos (imagen 130) debido a la insuficiente resistencia frente los esfuerzos de corte sísmico, en parte por la ausencia de confinamiento en muros reforzados de albañilería y pérdida de material en dinteles, alféizar y algunos muros (Imagen 134).

Como fue mencionado anteriormente y como se ve en el análisis de resultados, este establecimiento está lejos de cumplir con las dimensiones mínimas de una junta sísmica funcional respecto a la altura del edificio. Además, presenta un bloque con mayor vulnerabilidad que el otro, principalmente por la longitud y la distribución irregular de la rigidez en uno de ellos, específicamente el bloque B. Por lo tanto se considera que el establecimiento posee una vulnerabilidad media-alta.

## F.

### COLEGIO GRAN BRETAÑA (1963)

En 1928 la Escuela Completa de Hombres se instala en un establecimiento de tres pisos ubicado en el actual sitio del caso a estudiar, sin embargo, con el terremoto de Mayo de 1960, éste queda destruido y por lo tanto se interrumpen las labores educativas. Dos años más tarde las SCEE con financiamiento de la sociedad anglo-chilena en Londres, construye las actuales dependencias del, desde ese entonces llamado Colegio Gran Bretaña en calle Manuel Bulnes.

El establecimiento se ubica según el mapa de microzonificación sísmica, desarrollado por el SERNAGEOMIN (Imagen 101), en una “Zona III” que corresponde a afloramientos rocosos y suelos arcillosos; a depósitos coluviales en el pie de laderas, intercaladas con arenas fluviales y eólicas con abundantes limos, y en áreas más restringidas, a suelos de origen antrópico y humedales. En base a un



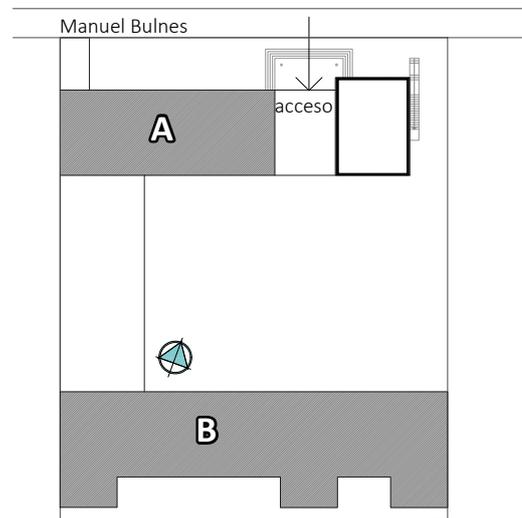
**Imagen 136:** Ubicación.  
**Fuente:** Elaboración propia en base a google earth.



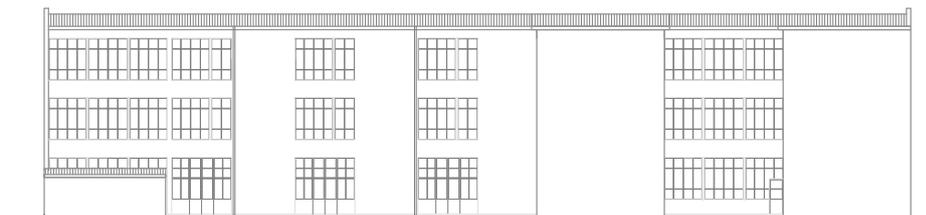
**Imágenes 137:** Vista del acceso principal  
**Fuente:** Las imágenes y planimetría de arquitectura expuestas, corresponden a parte del archivo de investigación FONDECYT.

cruce de este instrumento con la norma NCh 433.Of96 y según esta última, el suelo corresponde a “Tipo III” (Grava o arena no saturada).

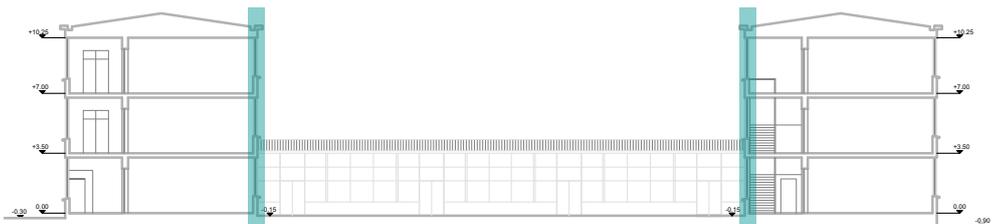
En el esquema de emplazamiento se puede observar la configuración espacial del establecimiento, el cual corresponde a 4 bloques, sin embargo, para efectos de la presente investigación, se analizarán los bloques destacados, aplicando una sola ficha FEMA adaptada ya que ambos bloques (A y B) poseen el mismo modelo del sistema estructural, las medidas son constantes, modulares y ambos cuentan con tres niveles a la misma altura, además se seleccionan estos bloques por la concentración de aulas, la conservación de su arquitectura y morfología original, y por la cantidad de niveles superior al resto de los bloques del establecimiento.



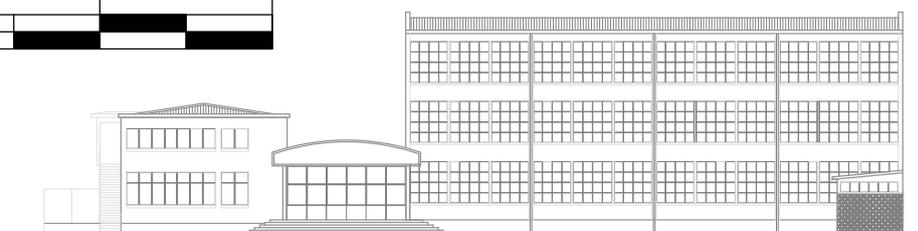
**Imagen 138:** Esquema de emplazamiento  
**Fuente:** Elaboración propia



ELEVACIÓN NORTE



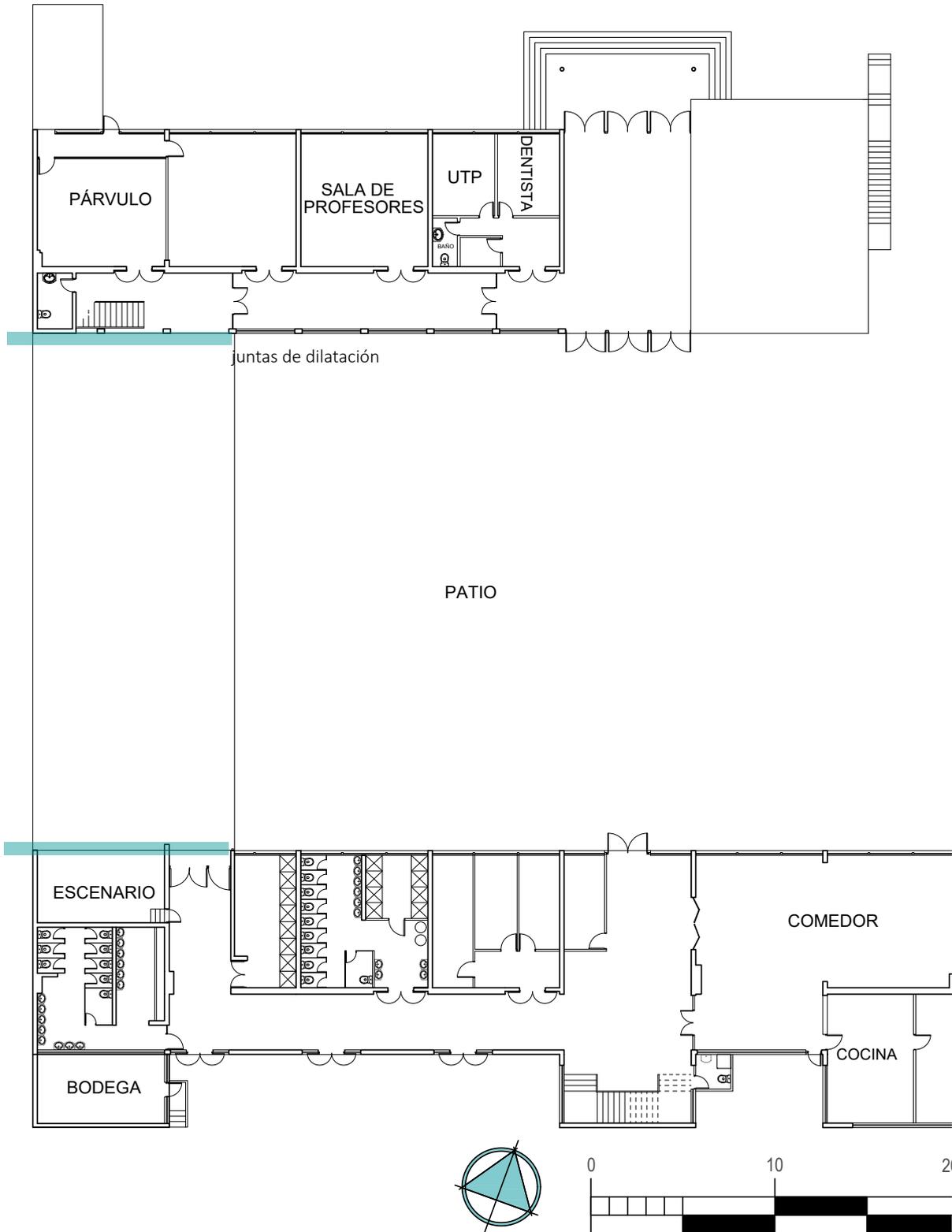
ELEVACIÓN-CORTE ORIENTE



ELEVACIÓN PRINCIPAL SUR

*Para este caso se contó con la siguiente información (1999):  
Planos de arquitectura*

## PLANTA DE ARQUITECTURA PRIMER NIVEL



### PLANTA DE ARQUITECTURA SEGUNDO NIVEL



### PLANTA DE ARQUITECTURA TERCER NIVEL

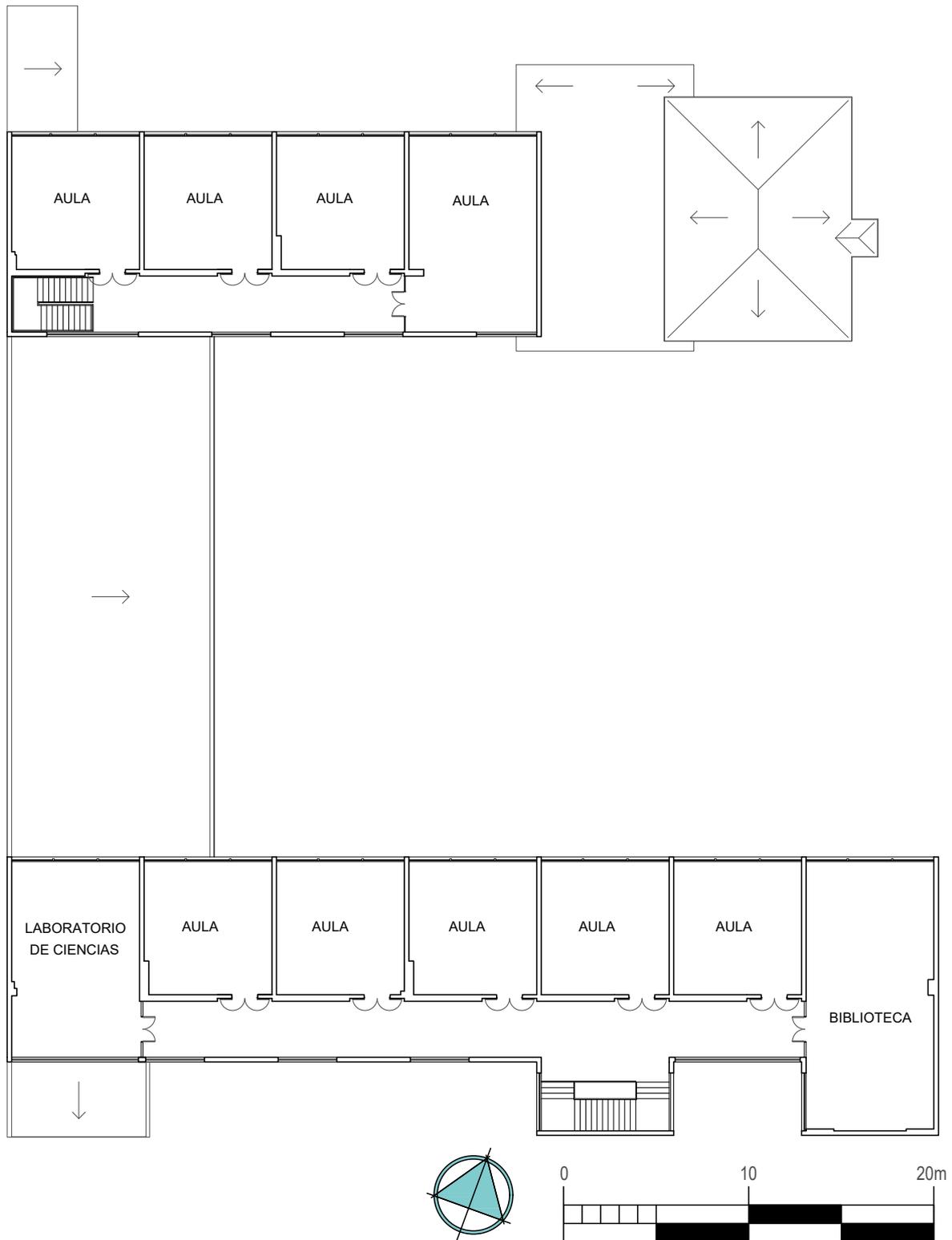




Imagen 139



Imagen 141

Imagen 143



Imagen 140

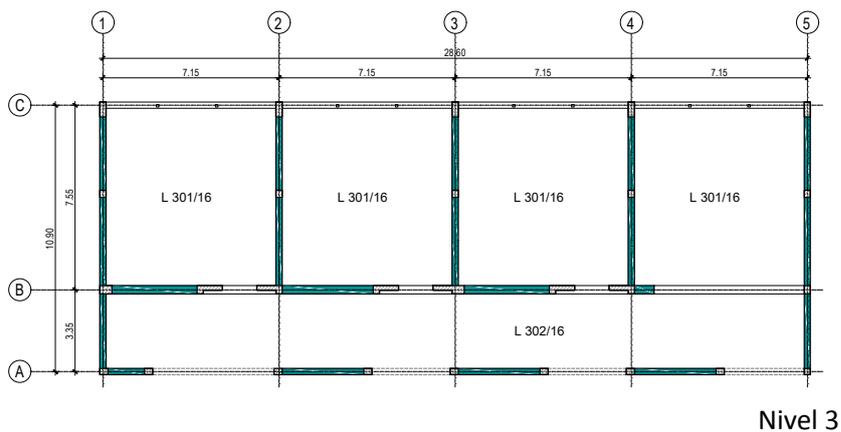
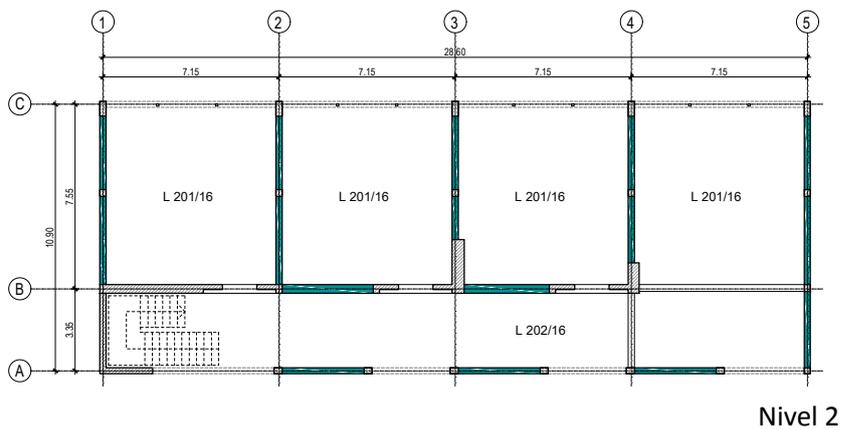
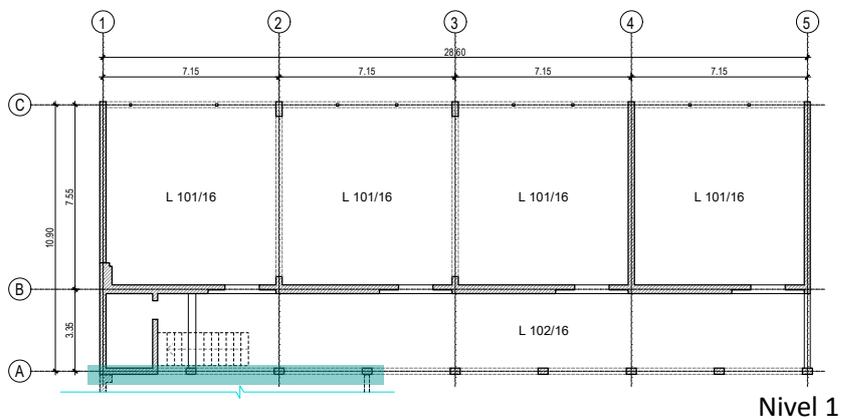


Imagen 142

Imagen 144

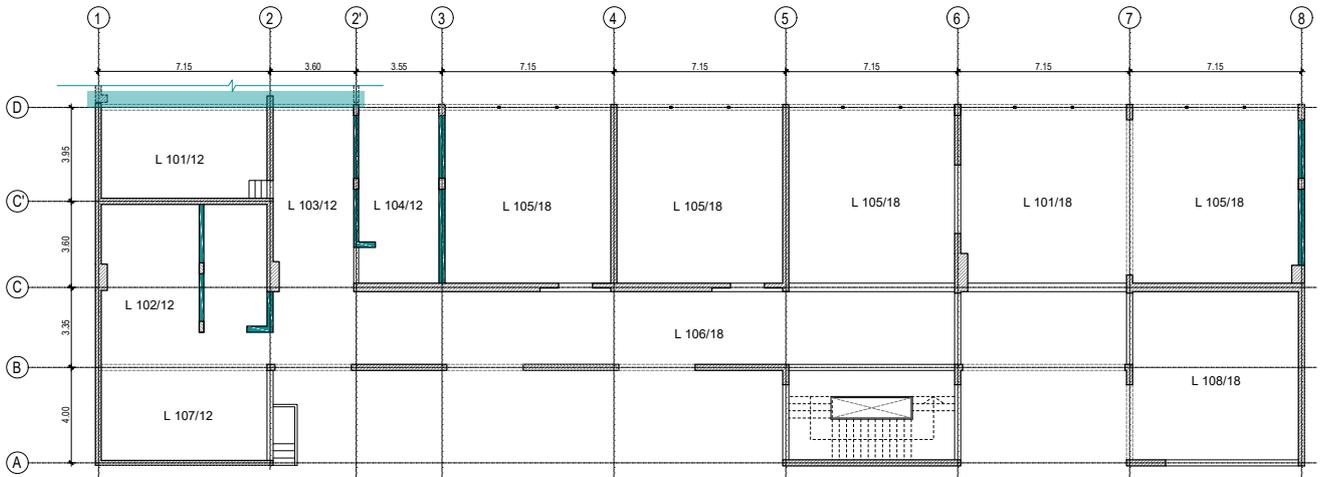


### PLANTAS DE ESTRUCTURA BLOQUE A



- Hormigón Armado
- Albañilería Reforzada
- Juntas de dilatación
- Vigas
- Vigas invertidas

**PLANTAS DE ESTRUCTURA BLOQUE B**



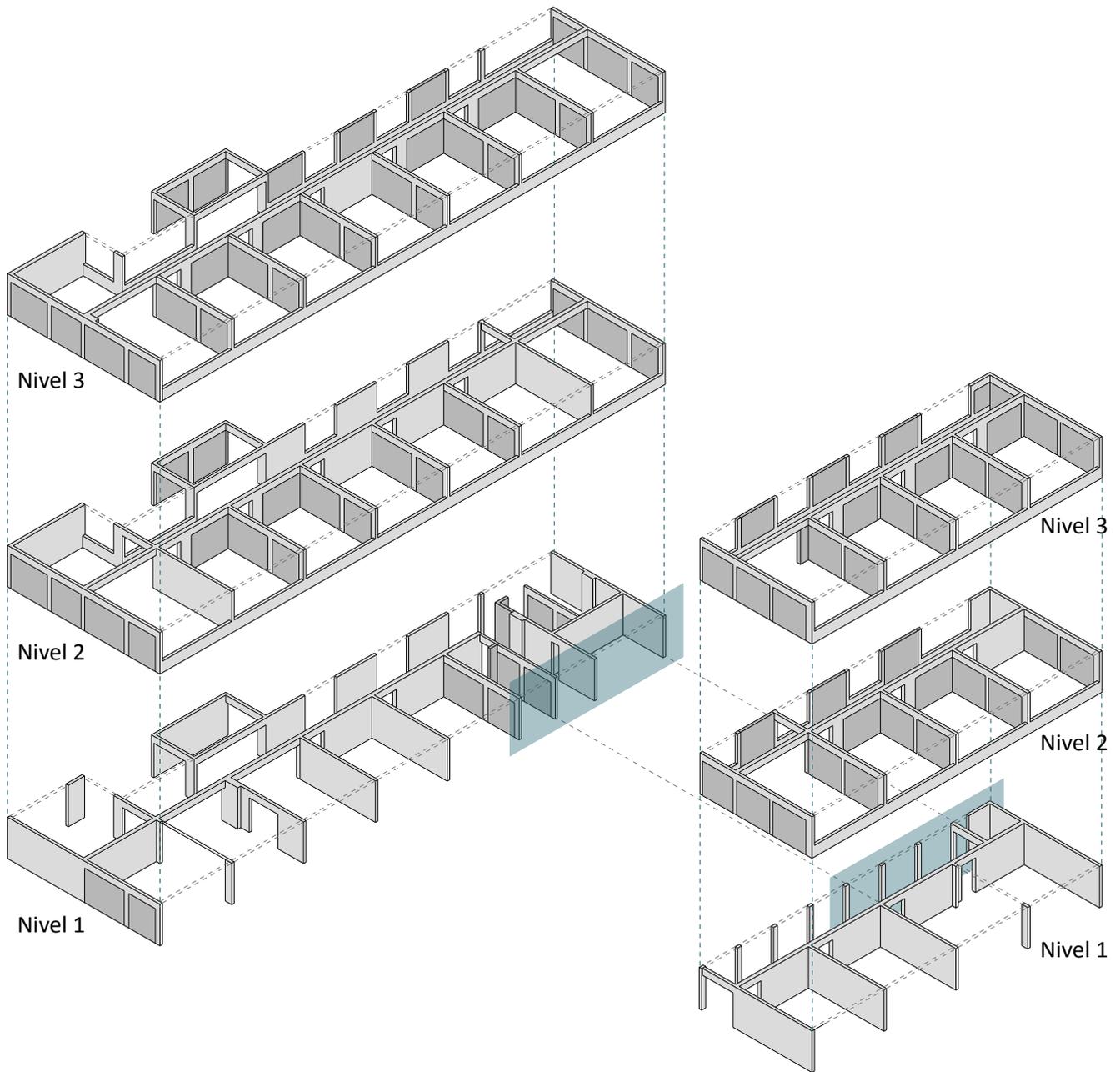
Nivel 1



Nivel 2



Nivel 3



■ Juntas de dilatación

**Imagen 145:** Modelo isométrico del sistema estructural de los bloques a analizar  
**Fuente:** Elaboración propia.



Imagen 146

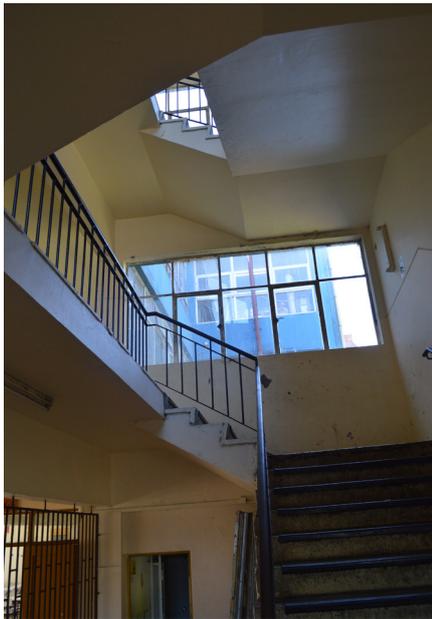


Imagen 147

Imagen 148



## REGULARIDADES E IRREGULARIDADES DEL CASO A+B

En relación a la morfología de los edificios y fallas observadas en terreno, la revisión de planos y la consideración de instrumentos como el mapa desarrollado por el SERNAGEOMIN, se consideran las siguientes regularidades e irregularidades, las cuales posteriormente se verán reflejadas en puntaje al aplicar el formulario FEMA P-154.

### Regularidades:

- Presencia constante y redundante de pilares y muros en ejes estructurales en ambos sentidos lo que aporta a la rigidez como respuesta sísmica del edificio
- Presencia de elementos estructurales que compartimentan el espacio
- Unión de pilares y muros a través de vigas a la vista y conocidas por planos.

### Irregularidades:

- "Retroceso" por la discontinuidad de los elementos verticales en el bloque A
- Muro de albañilería reforzada sin pilares perimetrales en caja de escaleras (Boque Sur) (Irregularidad vertical)
- Losa no habitable adosada a la altura del segundo nivel (Bloque norte) (adosamiento)
- Diferencia de altura marcada entre bloques.
- Bloque rectangular, predominio de las dimensiones del largo y alto sobre el ancho

### Daños Observados:

- Pérdida de material tanto en elementos estructurales como en elementos no estructurales.
- Grietas en elementos estructurales.
- Falla en juntas de dilatación ("Golpeteo")



Golpeteo



Torsión



Otras Irregularidades



Unión pilar y viga



Redundancia

## RESULTADOS DE APLICACIÓN FORMULARIO FEMA P-154 ADAPTADO

De acuerdo a lo establecido anteriormente por los instrumentos del SERNAGEOMIN (Figura 98) y la NCh433.Of96 se utiliza el formulario correspondiente a “Alta sismicidad”, se caracteriza el edificio y su suelo de manera general marcando la presencia de riesgo golpeteo potencial, adosamiento e irregularidad vertical, para posteriormente registrar su tipología constructiva y aplicar los puntajes asignados a irregularidades o condiciones morfológicas según corresponda, obteniendo  $SL_1=0.4$ . Aplicando, por lo tanto la ficha L2, el valor resultante del detalle de las irregularidades y el diseño estructural del edificio es  $SL_2=0.8$ . Todo lo anteriormente mencionado arroja un valor como puntaje total de  $S=1.2$  lo que significa que el establecimiento tiene una probabilidad de 1 en 16 de presentar colapso en alguno de sus elementos

**1,2**  
S (S<sub>L1</sub> + S<sub>L2</sub>)

**ALTA SISMICIDAD**

Dirección: Manuel Bulnes 760, Concepción, Región del Bio Bio		Riesgos geológicos	
Rol SII		Liquefacción <input type="checkbox"/> Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I	
Otros identificadores		Deslizamiento o de tierra <input type="checkbox"/> Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I	
Nombre de edificio: D-558 Colegio Gran Bretaña		Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> Sí / <input checked="" type="checkbox"/> No / <input type="checkbox"/> S/I	
Zona sísmica según NCh433: Zona III		Proximidad: Golpeteo <input checked="" type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/>	
Latitud: -36.820.217 Longitud: -73.052.855		Irregularidades: Vertical (tipo/gravedad) <input checked="" type="checkbox"/> muro poco reforzado en caja de escaleras <input type="checkbox"/>	
Terremotos que han afectado el inmueble: 1960-7,3-7,3-7,4Ms-9,5Mw 1975-7.7Ms 2010-8.8 Mw		En planta <input type="checkbox"/>	
Evaluador (s): Patricia Gutiérrez Fecha: 23-12-2018		<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas <input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados	
N° de pisos: 3 Año de construcción: 1963 <input type="checkbox"/> EST		Riesgos exteriores de caída <input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo <input type="checkbox"/> Apéndices	
Bajo suelo: 0 Sobre suelo: 3		<input checked="" type="checkbox"/> Otro (especificar): losa de cubierta no habitable adosada	
Área por piso: 936/906 /906 m <sup>2</sup> Área total: 2748 m <sup>2</sup>		Ocupación: Reunión <input type="checkbox"/> Comercial <input type="checkbox"/> Servicios de emergencia <input type="checkbox"/> Histórico <input type="checkbox"/> Albergue	
Ampliaciones: <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:		Industria <input type="checkbox"/> Oficina <input checked="" type="checkbox"/> Educativa <input type="checkbox"/> Gubernamental	
		Servicios públicos Bodega <input type="checkbox"/> Residencial, número de unidades: _____	
		Tipo de suelo (según NCh433) <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input checked="" type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV <input type="checkbox"/> S/I	
		roca Grava densa o arena densa Grava o arena no tarudada Suelo pobre Si se desconoce, se asume Tipo IV	

**Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S<sub>L1</sub>**

TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-0.1	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4
Previa a norma 1957	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.0	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3
Suelo tipo III (1-3 pisos)	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	-0.2	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	N/A	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	N/A	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

**PUNTAJE FINAL** (debe cumplir  $SL_1 \geq S_{MIN}$ ) **SL<sub>1</sub> =** 1.7 - 0.5 - 0.7 - 0.1 = **0.4** ;menor a S<sub>MIN</sub>, se considera S<sub>MIN</sub> = 0.3 y se aplica formulario L2

<b>Extensión de la revisión</b> Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingresó <input checked="" type="checkbox"/> Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: Mapa de microzonificación sísmica por SERNAGEOMIN Fuente de Riesgos geológicos: Persona de contacto: _____	<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL <sub>2</sub> > corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural	<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el corte <input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input checked="" type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I
¿Se realizó evaluación del formulario L2? <input type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL <sub>2</sub> = 0.8 <input checked="" type="checkbox"/> No ¿Daños no estructurales? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		

**Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente:** EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS= Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD= Marco arriostrado con diagonales AC= Albañilería Confinada TU= Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML= Metal ligero  
 Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.  
 Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.  
 Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.  
 Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.  
 Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.  
 Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.

<b>Nombre del edificio:</b>	Colegio Gran Bretaña	<b>Puntuación final nivel 1:</b>	$S_{L1} =$	0,4	(NO considerar S <sub>MIN</sub> )
<b>Examinador:</b>	Patricia Gutiérrez	<b>Modificadores de la irregularidad del nivel 1:</b>	Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,5	Irregularidad en planta, $P_{L1} =$
<b>Fecha:</b>	23-12-2018	<b>AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	1,6	

MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)				Sí	Subtotales por
Vertical Irregularidad, V <sub>L2</sub>	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-1.2	V <sub>L2</sub> = -0.5 (Máx. -1.2)
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.			-0.3	
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.			-0.6	
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).			-1.2	
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.			-1.2	
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.			-0.9	
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.			-0.5	
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.			-1.0	
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.			-0.5	
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.			-0.3	
B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.			-0.5			
Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.			-0.5		
	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.			-0.5		
Otras irregularidades	Se observa otra irregularidad vertical <b>severa</b> que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-1.0		
	Se observa otra irregularidad vertical <b>moderada</b> que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.			-0.5		
Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)			-0.7	P <sub>L2</sub> = -0.7 (Máx. -1.1)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.			-0.4		
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.			-0.4		
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.			-0.2		
	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta			-0.4		
Redundancia	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.			-0.7		
Golpeteo	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.			+ 0.3	M = +0.4	
	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1% de la altura más corta de la estructura o edificio	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-1.0		
		Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.		(Máx total de goleteos modificadores en -1.2)		-1.0
	El edificio está en el extremo del bloque.		-0.5			
Construcción A2	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.			-1.0		
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.			-0.4		
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).			+ 0.3		
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)			+ 0.3		
F2	Las paredes del frontón están presentes.			-0.4		
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.			+1.4		

**Puntuación FINAL nivel 2,  $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$  :** 0,8 (transferir al formulario L1)

Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio:  Sí  NO

En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.

PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES				
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")	Sí	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin			
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.			
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente			
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.			
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.			
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin			
	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:			
Interior	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca			
	Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:			

**Estimado no estructural desempeño sísmico** (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)

Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes Se recomienda una evaluación no estructural detallada

Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes pero no requiere una evaluación no estructural detallada

poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes No requiere evaluación no estructural detallada

## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS PRELIMINARES DEL CASO

Existen tres principales irregularidades que influyen en la vulnerabilidad de este establecimiento:

Una es la losa de cubierta que de cierta manera une el bloque A a la altura de la losa de primer nivel con el pequeño bloque a un costado del acceso, esto generaría puntos críticos frente a un sismo, ya que ambos bloques tienen condiciones morfológicas y de La segunda es el gimnasio que une las circulaciones del bloque A y B, la irregularidad en este caso corresponde a la insuficiente junta sísmica sumado a la diferencia de niveles

La tercera irregularidad es que según la información levantada en terreno con instrumental especializado, el bloque B presenta una ausencia de pilares que refuercen el perímetro del muro que acompaña la caja de escaleras sumado a la poca simetría que generan 3 volúmenes hacia el sur del bloque B, considerando que los tres tienen diferencia de niveles entre sí.

El establecimiento posee una vulnerabilidad alta en relación al puntaje arrojado luego de la aplicación de la ficha



Imagen 149



Imagen 150



Imagen 151

El grado de vulnerabilidad de los casos es inversamente proporcional al valor del puntaje que arroja el formulario FEMA P-154 adaptado, en base al análisis previo con las fichas de control y la fijación del valor de corte se creo una tabla resumen de los grados de vulnerabilidad separándolos según valor y condición de riesgo geológico, como se observa a continuación

Vulnerabilidad Caso	<b>BAJA</b> 2.6-1.8	<b>MEDIA</b> 1.7-1.4	<b>MEDIA-ALTA</b> 1.3-1.0	<b>ALTA</b> 0.9-0.6	<b>MUY ALTA</b> 0.6+ (+ =riesgo geológico)
Grupo Escolar			1.1+		
Escuela España A			1.3		
Escuela España B					0.6+
Liceo Dante Parraguez A-C					0.6+
Liceo Dante Parraguez B-D-E					0.6+
Liceo Experimental A					0.6+
Liceo Experimental B				0.8+	
Colegio Marina de Chile A		1.6			
Colegio Marina de Chile B			1.2		
Escuela Gran Bretaña			1.2		

**Tabla 11:** Síntesis de resultados de Vulnerabilidad  
Fuente: Elaboración propia.

**Podemos observar como ningún caso obtuvo baja vulnerabilidad y de la totalidad de casos (10, considerados según la aplicación de las fichas), 6 de ellos exigen según grado de vulnerabilidad y/o riesgo geológico, la aplicación de un análisis estructural detallado.**

## 3.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A modo comparativo podemos observar que todos los establecimientos cuentan con al menos un bloque alargado y alto, el cual puede presentar menor o mayor vulnerabilidad según dos aspectos principales, su relación masa-rigidez y la presencia de juntas sísmicas que separen el bloque en más de un cuerpo estructural, en relación a esto podemos ver diferencias de vulnerabilidad como la presentada entre el Grupo Escolar y la Escuela España bloque B.

Uno de los aspectos que permitieron una evaluación común para todos los casos, fue el hecho de estar emplazados en suelo tipo III de acuerdo a su geografía, correspondiente a "grava o arena no saturada" según la NCh433, lo cual es una referencia que permitió comparar a los distintos establecimientos bajo la misma lógica. A pesar de ello, dos de los casos de San Antonio (Grupo Escolar y Liceo Dante Parraguez) presentan riesgos de Licuefacción según el mapa desarrollado por SERNAGEOMIN (Imagen 42) y uno de los casos de Concepción se encuentra emplazado sobre una falla geológica (Liceo Experimental) según el mapa desarrollado por SERNAGEOMIN (Imagen 101). Según lo expresado en párrafos anteriores esto selecciona inmediatamente a estos casos para un posterior análisis estructural detallado.

Dentro de los criterios evaluados del método FEMA, es posible observar que no todos los establecimientos presentan cuerpos sólidos con ejes estructurales bien conectados, ya que en casos como el Liceo Dante Parraguez, y la Escuela España (Bloque A) existen losas en circulaciones que están expuestas a problemas de "flexión diferenciada", ya que no cuentan con vigas en todos los ejes transversales que corresponden al sector del corredor.

Todos los establecimientos tienen dos secciones de marcos rígidos en sus dos sentidos en planta, a pesar de que en casos particulares (como el Liceo Dante

Parraguez) no se presentan de forma constante en sus ejes estructurales transversales.

En cuanto a los muros rigidizantes, es posible ver que todos los casos presentan una continuidad de éstos en la altura de los edificios. Junto a ello también se observa que la simetría de los muros en planta se conforma sólo en el sentido transversal de los bloques, lo cual se debe a la modulación reiterada de aulas en cada bloque analizado. Por lo tanto, casi todos los establecimientos presentan problemas de excentricidad.

En base a lo explicado en el marco teórico y lo expuesto caso a caso, se consideraron dos criterios de diseño a evaluar en las de juntas sísmicas:

**Criterio FEMA:** La junta sísmica debe tener una distancia mínima de entre 0.1% y 1.5% de la altura del edificio más pequeño, según la sismicidad a la que corresponda el territorio de emplazamiento del caso<sup>1</sup>

**Criterio NCH433.Of96:** La norma sísmica aplicada desde 1972 considera una distancia mínima de diseño de una junta sísmica de 2/1000 H en relación al edificio más pequeño.

Si bien ninguno estaba vigente en la época de diseño y construcción de los casos de estudio, es necesario aplicarlos para conocer el estado actual de vulnerabilidad de los casos en el cual influye el estado de estas juntas sísmicas. (Tabla 10)

1 Los casos analizados sólo utilizaron fichas de "Alta sismicidad" y "Sismicidad media-alta" de acuerdo a la sismicidad de su territorio, por lo que el criterio que se aplica es de un 1% y 0.5% respectivamente.

ESTABLECIMIENTO EDUCACIONAL	ALTURA DEL EDIFICIO MÁS PEQUEÑO	JUNTAS DE DILATACIÓN EXISTENTES (según planos originales)	JUNTA DE DILATACIÓN SEGÚN CRITERIO NCh 433.Of 96 (2/1000H)	JUNTA DE DILATACIÓN SEGÚN CRITERIO FEMA	
				EXIGENCIA DEL CRITERIO EN PORCENTAJE	EXIGENCIA DEL CRITERIO EN CM
Grupo Escolar	10,2 mts.	2,5 cm	4,08 cm ●	1%	10,2 cm ●
Escuela España	6,45 mts.	5 cm	2,58 cm ●	0,5%	3,2 cm ●
Liceo Dante Parraguez	6,95 mts.	3 cm	2,88 cm ●	1%	6,9 cm ●
Liceo Experimental	7,63 mts.	2,5 cm	3,1 cm ●	0,5%	3,8 cm ●
Colegio Marina de Chile	6,64 mts.	4 cm	2,7 cm ●	1%	6,6 cm ●
Escuela Gran Bretaña	3,50 mts.	2,5 cm	1,5 cm ●	1%	3,5 cm ●

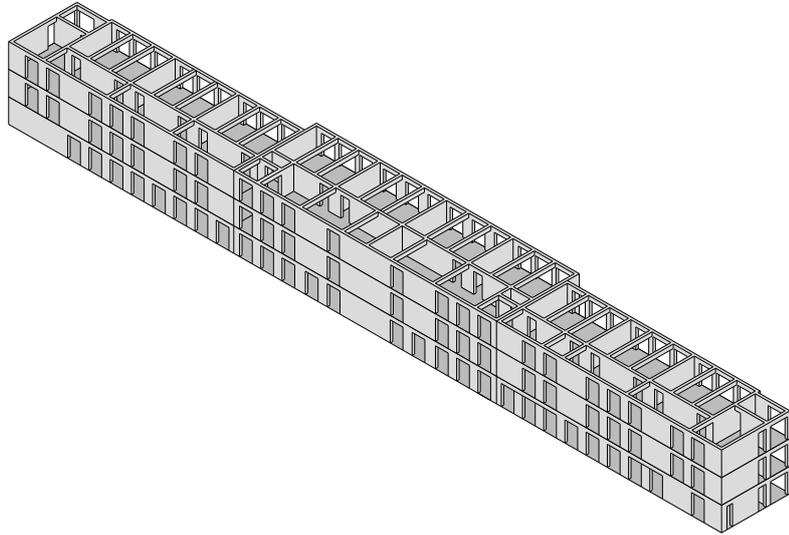
- Cumple con el criterio
- Existen antecedentes que ponen en duda su cumplimiento
- No cumple con el criterio

**Tabla 12:** Modelo isométrico del sistema estructural de los bloques a analizar  
**Fuente:** Elaboración propia.

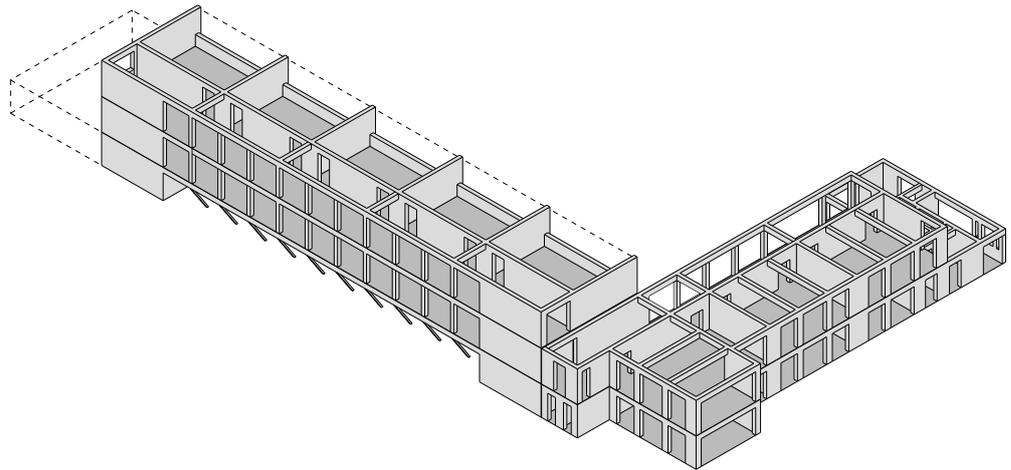
ESTABLECIMIENTOS

CONFIGURACIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL

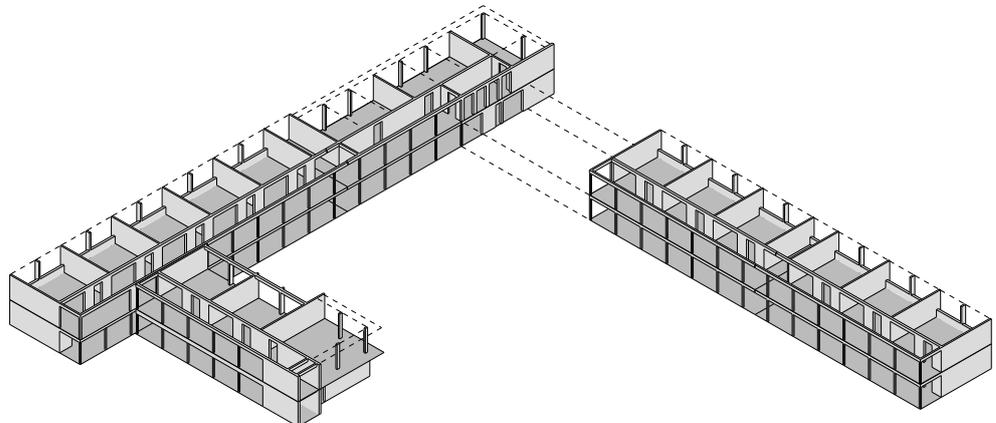
Grupo Escolar

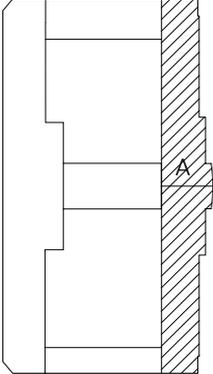
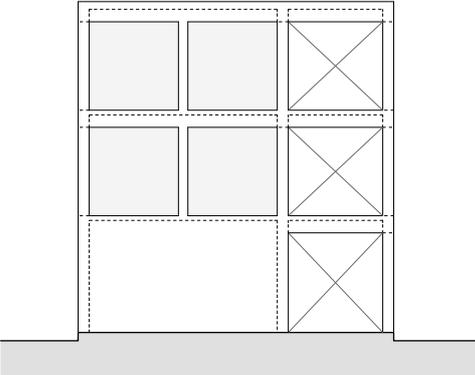
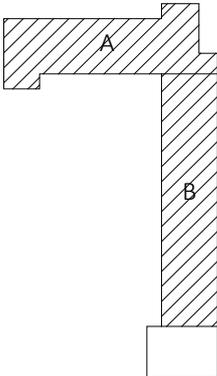
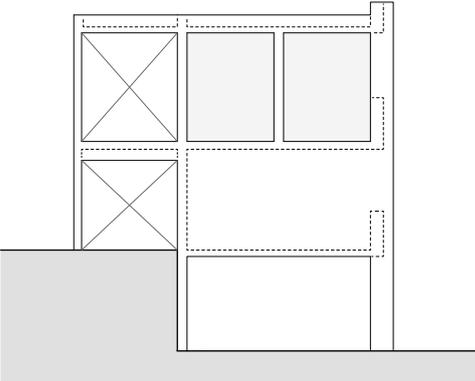
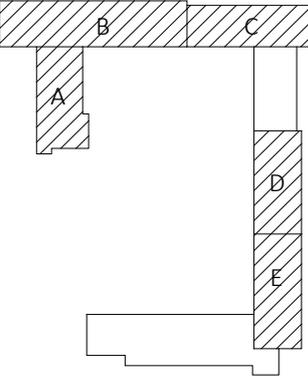
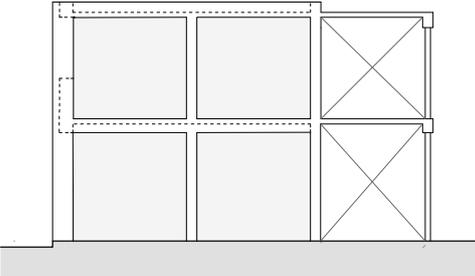


Escuela España

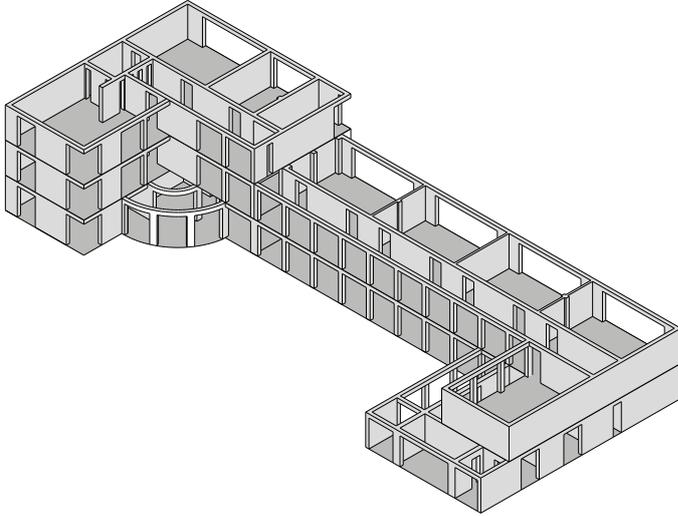
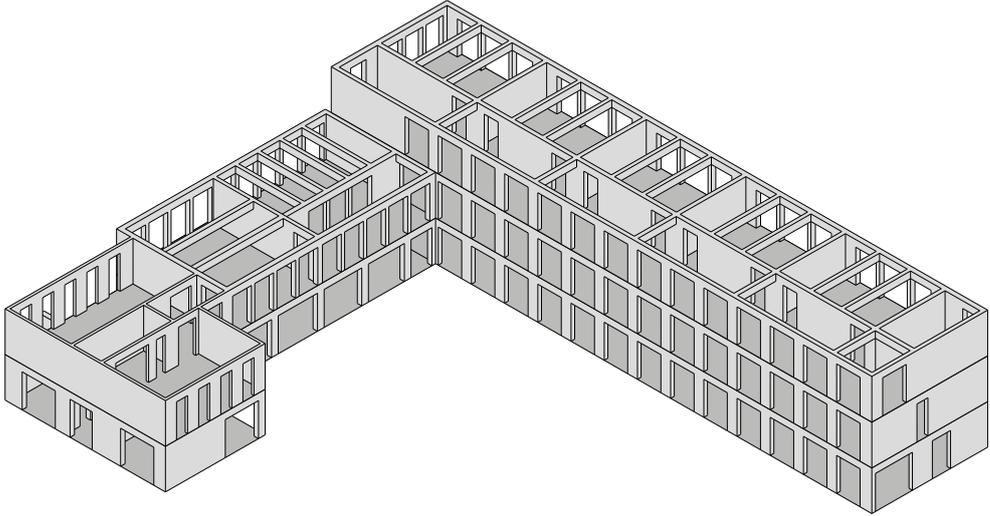
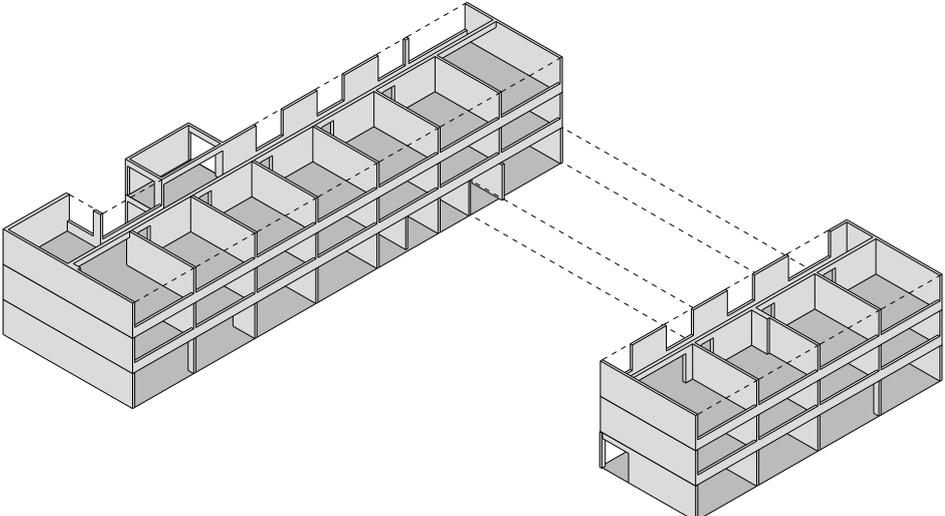


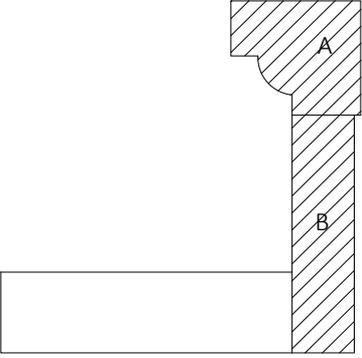
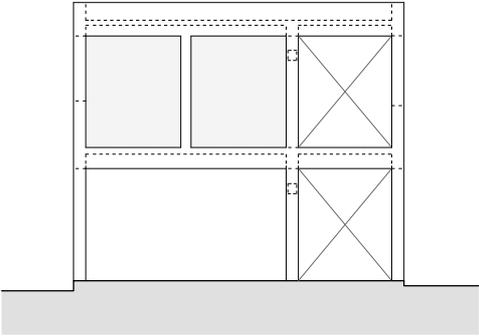
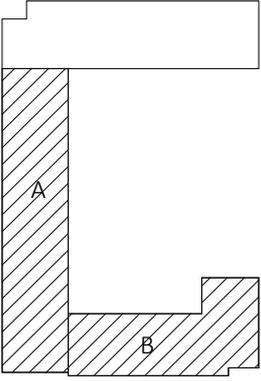
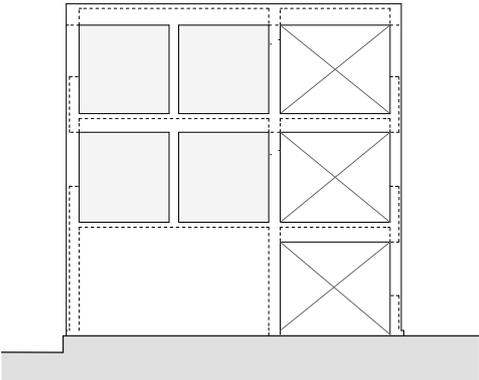
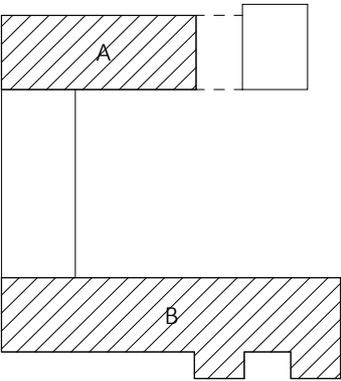
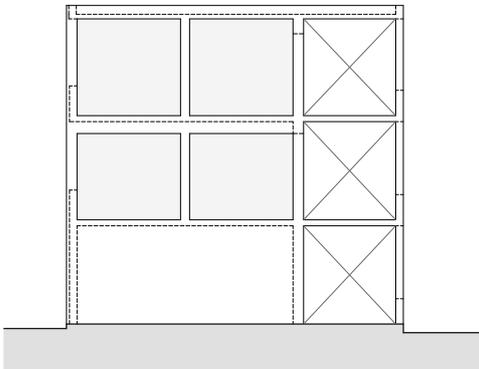
Liceo Dante Parraguez



DISTRIBUCION EN PLANTA	ELEVACIÓN EJE TIPO	VULNERABILIDAD
		<p>BLOQUE A: S = 1.1</p>
		<p>BLOQUE A: S = 1.3</p> <p>BLOQUE B: S = 0.6</p>
		<p>BLOQUE A- C: S = 0.6</p> <p>BLOQUE B- D- E: S = 0.6</p>

**Tabla 13:** síntesis casos San Antonio  
**Fuente:** Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS	
ESTABLECIMIENTOS	CONFIGURACIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL
<p>Liceo Experimental</p>	
<p>Colegio Marina de Chile</p>	
<p>Colegio Gran Bretaña</p>	

DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	ELEVACIÓN EJE TIPO	GRADO DE VULNERABILIDAD
		<p>BLOQUE A:  <math>S = 0.6</math></p> <p>BLOQUE B:  <math>S = 0.8</math></p>
		<p>BLOQUE A:  <math>S = 1.6</math></p> <p>BLOQUE B:  <math>S = 1.2</math></p>
		<p>BLOQUE A:  <math>S = 1.2</math></p>

**Tabla 14:** síntesis casos Concepción  
**Fuente:** Elaboración propia.

MODIFICADORES ESTABLECIMIENTOS	IRREGULARIDADES				
	 Riesgo Geológico	 Terreno en Pendiente	 Golpeteo (juntas sísmicas)	 Columna Corta	 Piso/Nivel Blando
Grupo Escolar	●		●	●	
Escuela España A		●			
Escuela España B		●		●	●
Liceo Dante Parraguez A - C	●		●		
Liceo Dante Parraguez B - D - E	●		●		
Liceo Experimental A	●		●		
Liceo Experimental B	●		●		
Colegio Marina de Chile A			●		
Colegio Marina de Chile B			●		
Colegio Gran Bretaña			●		

A modo de síntesis, es posible observar que cada establecimiento presenta un grado de vulnerabilidad distinta, ya que todos tienen diferentes irregularidades, presentándose incluso **bloques más críticos que otros dentro de un mismo establecimiento**. Junto a lo anterior se identificaron otros casos donde los bloques dentro de un establecimiento poseen un grado de vulnerabilidad similar, pero con diferentes características e irregularidades, como sucede en el caso del “Liceo Dante Parraguez”.

Dentro de las irregularidades es posible afirmar que el factor de **“Golpeteo” es el más común** entre los establecimientos, siendo la Escuela España la única que no presenta esta irregularidad. Esto responde claramente a la falta de normativa existente en la época, mientras que las fallas presentes en varias fotografías, se asocian a otros factores más específicos

como el relleno de las juntas.

Otra irregularidad común es la **“Torsión”, producida por la excentricidad** que se manifiesta por el diseño de su arquitectura y la disposición de los muros estructurales en planta. Es decir, gran parte de los bloques estudiados presentan su centro de rigidez desplazado del centro de masa. Pese a ello, en ninguno de los casos estudiados esta cualidad se vuelve un caso crítico de análisis.

Junto a lo anterior, también se visualiza el **“Riesgo Geológico” como el tercer factor común** en la mayor parte de los establecimientos, siendo sólo 5 de los 10 volúmenes analizados los que no presentan esta irregularidad. En este sentido, se clarifica aún más la importancia del tipo de suelo y sus características en

			REGULARIDADES		
					
Retroceso	Torsión (Excentricidad)	Otras Irregularidades	Unión pilar y viga	Redundancia	Puntaje final
●			●	●	1.1
	●		●	●	1.3
	●		●	●	0.6
●	●	●	●		0.6
	●	●			0.6
		●	●	●	0.6
	●		●	●	0.8
		●	●	●	1.6
	●		●	●	1.2
	●	●	●	●	1.2

Tabla 15: Síntesis Irregularidades y regularidades  
Fuente: Elaboración propia.

cuanto a la vulnerabilidad de los inmuebles, lo cual es uno de los factores principales que influyen en la vulnerabilidad en nuestro país. El mejor ejemplo de la importancia de las características geológicas del terreno es una vez más el Liceo Dante Parraguez, ya que muy probablemente por el riesgo de licuefacción se presentan los desplazamientos verticales severos tanto en circulaciones como en juntas sísmicas. Sumado al caso anterior también se expuso el caso del Liceo experimental, el cual se encuentra sobre la zona de una falla geológica, si bien no todas las fallas están activas, es un aspecto a considerar como alto riesgo sobretodo al tener en cuenta el uso del establecimiento.

Dentro de las otras irregularidades estudiadas, es posible ver que no existen reiteraciones de éstas en los

bloques estudiados, lo cual responde principalmente al diseño arquitectónico y estructural singular que implementó la SCEE. Estos diseños han permitido ver que en general los establecimientos no presentan lesiones masivas en los elementos estructurales de forma puntual (losas, pilares, vigas, muros), sino que las lesiones se evidencian principalmente por la disposición y características particulares de cada conjunto.

Por otra parte, **las regularidades** presentes en los establecimientos (como la implementación del marco rígido con dos o más tramos), **han permitido que los establecimientos sigan en pie** hasta el día de hoy, pero con variadas consideraciones y lesiones que deben ser intervenidas para reducir el grado de vulnerabilidad presente.

## 3.5 CONCLUSIONES

Tras el análisis, selección y adaptación de la metodología evaluativa de la vulnerabilidad sísmica y la posterior aplicación en los 6 establecimientos educacionales construidos por la SCEE, que se tradujeron en 10 casos de estudio, se presentan conclusiones relacionadas al resultado de los casos, los factores que condicionan la vulnerabilidad sísmica en estos, la metodología aplicada y a posibles acciones enfocadas a la conservación de la arquitectura moderna.

A lo largo del proceso de investigación se demostró que la SCEE buscó siempre cumplir con las normas constructivas vigentes e incluso generar normas internas que aportaban al buen diseño de sus establecimientos, si bien a simple vista los edificios tienen una configuración que tiende a pabellones largos, angostos y esbeltos o presentan una configuración en planta de forma “abierta”, es decir, en forma de U, L, Y o H, en realidad estos bloques se separaban en dos o más cuerpos estructurales, buscando evitar fallas y patologías futuras sobre todo por eventos sísmicos, generando leves separaciones, previendo lo importante que son las juntas sísmicas y que hasta ese entonces no se habían regulado en una Norma oficial. A pesar de generar esta separación entre los cuerpos estructurales pudimos ver en base al análisis de las juntas sísmicas que pocas cumplen con el criterio de la Norma Sísmica Nacional y sólo un caso cumple con las exigencias de diseño estadounidenses del FEMA. Durante la investigación se presentó un caso extremo en relación a las juntas sísmicas donde se aprecia un desfase vertical severo de 12cm, según medición en terreno, relacionándolo directamente con las condiciones de suelo presentadas por el caso.

La experiencia acumulada a través de los años por el equipo de diseño y construcción de la SCEE no fue suficiente o no fue aplicada lo suficiente, ya

que si bien cada establecimiento significaba una lección aprendida en algún aspecto, la constante búsqueda de innovación y experimentación influían en configuraciones constructivas y morfológicas riesgosas para el establecimiento, esto se evidenció por ejemplo en el cambio de materialidad/rigidez de un nivel a otro en el bloque B de la escuela España construida en 1951. Lo más lógico es que estos cambios problemáticos de materialidad y rigidez se consideraran, para evitarlos en futuros diseños, a pesar de esto encontramos problemáticas muy similares en los bloques analizados del Liceo Dante Parraguez, la diferencia está en el uso esbelto de los elementos de hormigón armado. Esto expone a los establecimientos a problemas de excentricidad, nivel blando y probables colapsos en puntos críticos de uniones irregulares o con diferentes materialidades.

Como un aspecto muy interesante podemos comentar que, a pesar de la presencia de patologías y fallas, muchas veces productos de sísmos, los establecimientos de la SCEE siguen en pie y parecen poder estarlo mucho tiempo más, al respecto podemos inferir que esto es a causa del sobredimensionamiento de sus elementos estructurales, aspecto que es característico de ésta primera etapa donde los edificios son mucho más robustos.

Respecto a la evaluación de la vulnerabilidad sísmica pudimos observar cómo las características del terreno son un punto muy influyente y si bien el método utilizado corresponde a una “detección visual rápida” (parte de un programa más extenso que busca evaluar más a fondo la vulnerabilidad), éste categorizó a través de la valorización de un puntaje los establecimientos más vulnerables. Los mismos que coincidentemente han presentado mayor cantidad de daños y además los que presentan alguna condición geográfica desfavorable.

En relación a la comprensible duda de si es la selección del método FEMA la más adecuada. Podemos concluir que evidentemente la aplicación de su ficha no obtiene como resultado el valor más exacto para la vulnerabilidad de un inmueble, a pesar de ello, la selección del método FEMA P-154 (adaptado) se debe en gran parte a la cualidad no invasiva de sus observaciones, es decir, no necesita ensayos destructivos para el inmueble, sino un análisis cualitativo del proyecto y su emplazamiento en planta, elevación, materialidad, tipo de suelo (entre otros). A su vez, la nula aplicación de ecuaciones ingenieriles en la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios ayudó al desarrollo de la presente tesis, evaluando principalmente morfología y disposición estructural de cada establecimiento. Finalmente, estas características permitieron aplicar este método a un universo mayor de casos (tres en cada ciudad) con el fin de categorizar, comparar y priorizar los casos más vulnerables, obteniendo la tabla de priorización presentada en el capítulo de análisis. Todo lo anterior funciona como referencia para un estudio más detallado que arroje un valor exacto de vulnerabilidad.

Por otra parte, un aspecto común en las irregularidades presentes en cada establecimiento es la distribución irregular de la rigidez y la resistencia, lo cual genera excentricidad, ya que en base a una análisis visual, se considera muy probable que el centro de masa está desplazado del centro de rigidez.

Pese a todo lo anterior, la principal característica que hoy mantiene a los establecimientos en uso, es la presencia de marcos rígidos de hormigón armado y muros tanto de H.A. como de albañilería reforzada en todos los casos de estudio, lo cual distribuye las fuerzas laterales de los sismos.

Los casos presentados pertenecen al grupo de establecimientos educacionales dependientes económicamente de la municipalidad, por lo que comúnmente cuentan con un escaso presupuesto destinado al desarrollo del plan educativo y el cumplimiento de la demanda de infraestructura, contando con poco avance en el mejoramiento o adaptación de las edificaciones a los estándares actuales. Sin embargo la reparación o refuerzo estructural según sea el caso debería ser una prioridad clara en un plan de acción que busque preservar la constante seguridad en edificios públicos, más aún en inmuebles de tal importancia como son los establecimientos educacionales.

En relación al párrafo anterior y dadas las conclusiones, una de las maneras de disminuir la vulnerabilidad sin alterar la propuesta arquitectónica original, sería realizar **trabajos de mejora de suelos** (lo que conllevaría un alto costo), de **refuerzo/recalce de fundaciones** y por último **reforzar la estructura resistente** para que permitan una mayor resistencia a los esfuerzos de corte (especialmente en vanos no confinados) y **aumento de rigidez** en algunos ejes con el objetivo de disminuir excentricidades.

Una de las principales observaciones es la cualidad singular que presenta cada caso, ya que, a pesar de tener tipologías estructurales y arquitectónicas comunes, cada caso se presenta con elementos y variables distintas, esto reafirma la principal característica de la etapa analizada, diferenciándola de la etapa posterior con marcada prefabricación y repetición tipológica.

A modo de reflexión debemos tener en cuenta que la mayor parte de la arquitectura moderna o influenciada por el movimiento moderno construida hace décadas, sigue siendo habitada en gran parte de nuestras

ciudades y forma parte del legado histórico de profesionales desatacados. La creciente conciencia ecológica que está desarrollando la sociedad, nos encamina a una adecuada valoración de nuestro entorno, como expresa Sigfried Giedion, "la ciudad no desaparecerá", es por esto que debemos preservar lo preservable, restaurar y ayudarnos de los avances tecnológicos para adaptar lo existente a las necesidades actuales, evitando destruir para generar copias sólo porque fueron construidas en una época de menor manejo tecnológico.

Como conclusión final podemos reafirmar aspectos que se han presentado constantemente durante la investigación:

- Uno de ellos es la importancia de las evaluaciones /acciones preventivas, teniendo en cuenta la naturaleza sísmica cíclica de nuestro país como resguardo de la seguridad y la vida de los habitantes de nuestro territorio.
- Si bien un análisis estructural detallado implica gran cantidad de dinero y la necesidad de personal capacitado, esta investigación demostró que existen acciones previas que pueden llevarse a cabo con menos presupuesto y especialización, aportando de igual manera a la categorización previa de un inmueble que además puede guiar los planes de acción posteriores.

Según Teresa Guevara, el movimiento moderno se impulsó originalmente con la idea de "contribuir a mejorar la calidad de vida en las ciudades y en sus edificios", sin embargo, al diseñar los patrones urbanos en base a las necesidades sanitarias y

no considerar la repercusión de estos modelos en su comportamiento sismoresistente aumentó la vulnerabilidad de las ciudades en zonas sísmicas. En relación a lo anterior ¿Estaremos a tiempo de contribuir a mejorar la calidad de la arquitectura moderna ya construida y reducir por consecuencia la vulnerabilidad de las ciudades y sus edificaciones? Evidentemente sí, el proceso evaluativo que se llevó a cabo al aplicar las fichas es primordial en este aspecto, ya que sienta las bases para próximas investigaciones o propuestas de restauración o adaptación sísmico-constructivas que aportan a la conservación de la arquitectura moderna.

Si consideramos a países como Italia donde se han desarrollado "Carpetas clínicas del patrimonio" relacionadas al estado de las construcciones, o metodologías de análisis visual preliminar y rápidas como el aplicado en esta investigación y las aplicamos a la arquitectura nacional, podríamos llegar a contar con una red informativa tanto del estado actual de los inmuebles, estadísticas tipológicas o de daños, como de catastros generales que aportarían a una gran cantidad de organismos públicos, sobretodo en temas de reacción ante desastres, riesgo al cual nuestro país está constantemente expuesto.

Por último es primordial considerar el aprendizaje y la experiencia ganada durante el desarrollo de la presente investigación. Al completar el proceso académico en los cursos más técnicos conocemos a grandes rasgos el funcionamiento estructural de un sistema y sus partes en cuatro principales materialidades: Madera, acero, albañilería y H.A. A pesar del conocimiento teórico, pocas veces llegamos más allá de los casos hipotéticos o de arquitectura contemporánea que comúnmente se analizan en el aula, es por esto que el hecho de investigar casos

reales, con más de 50 años en pie, fallas evidentes y contar con acceso a termografías y detecciones de enfierraduras, fue un proceso enriquecedor, considerando además el hecho de que me fue posible aplicar criterios y puntos de vista extranjeros a la arquitectura nacional a tal punto que se logró comprender y adaptar en varios aspectos las fichas la realidad de los casos de estudio.



## 04. BIBLIOGRAFÍA



**Imagen 152:** Planimetría Grupo escolar Barrancas  
**Fuente:** Archivo FONDECYT

## A-B

Aguirre, Max (2008). Para una historia de la difusa arquitectura moderna en Chile. *De Arquitectura N°17*, 012-017. Recuperado el Abril de 2018, de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/118043/Para-una-historia-de-la-difusa-arquitectura-moderna-en-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aguirre, Max (2004). La arquitectura moderna en Chile : el cambio de la arquitectura en la primera mitad del siglo XX : el rol de la organización gremial de los arquitectos (1907-1942) y el papel de las revistas de arquitectura (1913-1941). Tesis (Doctoral), E.T.S. Arquitectura (UPM).

Barbat, A., Lantada, N., Pujades, L., Carreño, L., & Cardona, O. D. (1998). Evaluación del riesgo sísmico de Barcelona. Barcelona, Cataluña, España: Universidad Politécnica de Cataluña. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Alex\\_Barbat/publication/268325257\\_Evaluacion\\_del\\_riesgo\\_sismico\\_de\\_Barcelona/links/547469930cf2778985abdc41/Evaluacion-del-riesgo-sismico-de-Barcelona.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alex_Barbat/publication/268325257_Evaluacion_del_riesgo_sismico_de_Barcelona/links/547469930cf2778985abdc41/Evaluacion-del-riesgo-sismico-de-Barcelona.pdf)

Barbat, A., Lantada, N., Pujades, L. (2002). Evaluación de la vulnerabilidad y del riesgo sísmico en zonas urbanas. Aplicación a Barcelona. Obtenido de [http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Lluis%20Pujades%20\\_24%20p\\_.pdf](http://www.hms.civil.uminho.pt/events/sismica2004/229-252%20Alex%20Barbat%20e%20Lluis%20Pujades%20_24%20p_.pdf)

BIBLIOTECA NACIONAL DE CHILE, Memoria chilena. (Agosto de 2018). Origen y consolidación del Estado docente, Inicios de la instrucción primaria en Chile (1840-1920). Obtenido de <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3565.html>

Biblioteca Nacional Digital de Chile (DIBAM). (1927-2006). Memoria Chilena. Recuperado el Abril de 2018, de Biblioteca Nacional de Chile: <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-100612.html>

Bulian, G. (2009). Per una carta di restauro della città dell'Aquila. *Giornale do.co.mo.mo Italia*(25), 10-11. Recuperado el 14 de Octubre de 2018

## C

Caballero, Álvaro (2007). Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica. Tesis de Maestría. Universidad del Norte, Sincelejo Obtenido de <http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf?sequence=1>

Calduch Cervera, Juan (2009). El declive de la arquitectura moderna: deterioro, obsolescencia, ruina *Palapa*, vol. IV, núm. II, julio-diciembre, 2009, pp. 29-43. Universidad de Colima, México.

Carimán, B. (2012). El problema educacional entre 1920 y 1937: Una historia de reformas y limitaciones. *Revista UNIVERSUM*, 27(2), p.22.

Cecchi R. et Al. (2006) Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni. Asamblea Generale del Consiglio Superiore del LL.PP. Roma.

Centro Sísmológico de la Universidad de Chile. (2018). [www.sismologia.cl](http://www.sismologia.cl).

Chile. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2005). Ley General de Urbanismo y Construcciones. Santiago

Chile. Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2016). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. Santiago

Chile. Instituto Nacional de Normalización(1996). NCh 433.Of96. Norma de Diseño Sísmico de Edificios. Santiago, Chile. Recuperado el Abril de 2018, de: [http://www.disaster-info.net/safehospitals\\_refdocs/documents/spanish/DocsReferenciaPorPais/Chile/NormaChilenaDisenoSismico.PDF](http://www.disaster-info.net/safehospitals_refdocs/documents/spanish/DocsReferenciaPorPais/Chile/NormaChilenaDisenoSismico.PDF)

Chile. Instituto Nacional de Normalización(2010) NCH431 Construcción- Sobrecargas de nieve. Santiago.

Chile. Instituto Nacional de Normalización (1986)

NCh1537 Diseño estructural de edificios- Cargas permanentes y sobrecarga de uso. Santiago

Chile. Instituto Nacional de Normalización (1991) NCh1198 Madera- Construcciones en madera- Cálculo. Santiago

Chile. Instituto Nacional de Normalización (1928) NCh1928 Of93-Mod.2003 Albañilería armada- Requisitos para el diseño y cálculo. Santiago

Chile. Instituto Nacional de Normalización (1997) NCh2123 Of97-Mod.2003 Albañilería confinada- Requisitos de diseño y cálculo. Santiago

Chile. Instituto Nacional de Normalización (2010) NCH432 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones. Santiago

Comino López, M. (2018). Método para la elaboración de lecciones aprendidas. PMI Madrid, Spain Chapter. Recuperado el Abril de 2018, de Artículos dirección de proyectos, Guía PMBOK: <https://pmi-mad.org/index.php/socios/articulos-direccion-proyectos/1482-metodo-para-la-elaboracion-de-lecciones-aprendidas>

Congreso Nacional, Gobierno de Chile. (1925-1973). Biblioteca del Congreso Nacional. Hitos de la Historia Política chilena. Recuperado el Abril de 2018: <https://www.bcn.cl/historiapolitica>

Congreso Nacional, Gobierno de Chile. (30 de Mayo de 1931). Historia de la Ley. DFL345 Apruebase la adjunta Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización. Recuperado el Abril de 2018 : <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=5483>

Consejo de Monumentos Nacionales (2015). Catálogo de Monumentos Nacionales.

Cortés, M. (2016). La batalla por el valor cultural y patrimonial de la arquitectura moderna. *Patrimonio de Chile*, 12.

Cruz Roja Española departamento de estudios e innovacion social. (2013). Informe sobre la

vulnerabilidad social 2013. Madrid.

CSN Universidad de Chile. (1570 a la fecha). Centro Sismológico Nacional, Universidad de Chile. Recuperado el Abril de 2018, de <http://www.csn.uchile.cl/sismologia/historia/>

## D

D.Muñoz. (1989). Conceptos básicos en riesgo sísmico. *Física de la Tierra(1)*, 199-215. Obtenido de <http://revistas.ucm.es/index.php/FITE/article/viewFile/FITE8989110199A/12605>

Dirección de Arquitectura del MOP. (1989). Boletín. En Docomomo Chile. (12 de Agosto de 2011). Acerca de Docomomo. Obtenido de <http://www.docomomo.cl/acerca-de-docomomo/>

Dogliani, F., & Mazzotti, P. (2007). Codice di pratica per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto Umbro-Marchigiano del 1997 (2ª edición ed.). Le Marche, Italia.

## E-F

Eliash H., & Moreno M. (1989). Arquitectura y Modernidad en Chile 1925-1965, una realidad múltiple. Santiago de Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Eliash, H., & Moreno, M. (2012). La evolución de la arquitectura moderna en Chile. Santiago. Obtenido de [http://www.eliash.cl/wp-content/uploads/2014/04/arq\\_mod\\_en\\_chile.pdf](http://www.eliash.cl/wp-content/uploads/2014/04/arq_mod_en_chile.pdf)

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards FEMA P-154: A Handbook . Department of Homeland Security, Washington D.C.

## G

Giedion Sigfried (2009) [Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition. Español] Espacio, tiempo y arquitectura: origen y desarrollo de una nueva tradición / Traducción y edición, Jorge Sainz. Barcelona: Reverté, D.L. 2009

Giuffrè, A., & Carocci, C. (1999). Codice di pratica per la sicurezza e la conservazione del centro storico di Palermo. . Palermo: Editorial Laterza .

Greve, F. (1964). Historia de la sismología en Chile. Santiago. Universidad de Chile, Instituto de Geofísica y Sismología.

Gruppo Nazionale Per La Difesa Dai Terremoti. (1993). Rischio sismico di edifici pubblici. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.

Guevara Pérez, T. (2009). Arquitectura moderna en zonas sísmicas. Editorial Gustavo Gili, SL, Barcelona.

## H-I-J

Hernández Sampieri, D. (2014). Metodología de la investigación (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill. Recuperado el 28 de Mayo de 2018: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Icomos Chile. Presentación y objetivos. Recuperado el 30 de Mayo: <http://icomoschile.blogspot.com/>

Junemann, A., Arquitectura del inicio del modernismo: oficina de Gustavo Mönckeberg y José Aracena, arquitectos: la arquitectura educacional en Chile 1920-1950, Proyecto de Investigación DIPUC No.99/09C, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 1999.

## L-M

Lynch, P. (1 de Agosto de 2017). Bauhaus, una de las 12 obras beneficiadas con fondos de conservación de la Fundación Getty. Plataforma arquitectura. (N. Valencia, Editor) Obtenido de: <https://www.plataformaarquitectura.cl/cl/876865/bauhaus-una-de-las-12-obras-beneficiadas-con-fondos-de-conservacion-de-la-fundacion-getty>

Macdonald, S. (2009). Materiality, monumentality and modernism: continuing challenges in conserving twentieth-century places. Obtenido de AICOMOS: [https://www.aicomos.com/wp-content/uploads/2009\\_UnlovedModern\\_Macdonald\\_Susan\\_Materiality\\_Paper.pdf](https://www.aicomos.com/wp-content/uploads/2009_UnlovedModern_Macdonald_Susan_Materiality_Paper.pdf)

Macdonald, S. (2013). ASUNTOS MODERNOS, Rompiendo las barreras para conservar el patrimonio moderno. Getty Conservation Institute. Obtenido de: [http://www.getty.edu/conservation/publications\\_resources/newsletters/28\\_1/modern\\_matters.html](http://www.getty.edu/conservation/publications_resources/newsletters/28_1/modern_matters.html)

Martinelli, A., & Dolce, M. (2005). Análisis de vulnerabilidad e riesgo sísmico. En I. N. Terremoti, Análisis de vulnerabilidad e riesgo sísmico (Vol. II, págs. 5-87). L'aquila.

Mena, U., Yépez, F., & Barbat, A. H. (1998). Evaluación probabilista del riesgo sísmico de estructuras con base en la degradación de rigidez. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*. Recuperado el 15 de Julio: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/102068/19770337.pdf>

Ministerio de Obras Públicas. (Agosto de 2018). Historia del Ministerio de Obras Públicas. Obtenido de <https://www.mop.cl/acercadelmop/Historia/Paginas/default.aspx>

Ochoa Vega, A. (2011). La conservación de la arquitectura del siglo XX en México: Múltiples retos por enfrentar. *Revista electrónica usjt arq.urb*(6), 112-121.

## O-P

Oficina Nacional de Emergencia. (Noviembre de 2010). Análisis de Riesgo de Desastres en Chile, IV Plan de Acción DIPECHO. Santiago, Chile.

ONEMI, Ministerio del Interior y Seguridad Pública. (2016). Plan Estratégico Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (Unidad de Gestión del Sistema Nacional de Protección Civil- División de Protección Civil ONEMId.). (G.d. Chile, Ed.) Santiago, Chile. Recuperado el Abril de 2018, de [https://www.preventionweb.net/files/52889\\_52889planestrategicobaja.pdf](https://www.preventionweb.net/files/52889_52889planestrategicobaja.pdf)

Ortiz, I. (2012). Oportunidades en la “reconstrucción” de la educación. Centro de Investigación y Desarrollo de la Educación, Universidad Alberto Hurtado. Recuperado el Abril de 2018, de [http://mailing.uahurtado.cl/cuaderno\\_educacion\\_22/actualidad\\_arch\\_adj.pdf](http://mailing.uahurtado.cl/cuaderno_educacion_22/actualidad_arch_adj.pdf)

Pacheco Silva, Arnoldo (1997). Concepción Siglo XX, Municipalidad de Concepción, Universidad de Concepción. Obtenido de <http://www.memoriachilena.cl/archivos2/pdfs/mc0027799.pdf>

Pizarro N. (2016) Método cualitativo para valorar la seguridad sismoresistente de edificios educacionales, Vulnerabilidad sísmica. Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina.

## R-S

Rodríguez Alberich, G., & RAE. (2017). DIRAE. Definiciones y profundización del idioma español. Obtenido de: <https://dirae.es/palabras/vulnerabilidad>

Rodríguez U., M. L. (2012). Ciencia de la política. Recuperado el Abril de 2018, de EL PODER Y LAS INSTITUCIONES, MODERNIZACIÓN DEL ESTADO, POLÍTICAS PÚBLICAS: <https://cienciadelapolitica.wordpress.com/2012/08/03/la-modernizacion-del-estado-en-chile-proyectos-paradigmas-y-tendencias-futuras/>

Rojas, M. (2016). Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas históricas, construcción de un método cualitativo de análisis aplicado a la zona típica Matta Sur, Santiago de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y urbanismo, Instituto de Historia y Patrimonio, Santiago

Saez del Pino, J. (2011). Normativa nacional antisísmica en materias de construcción. Bases y proyecciones. Santiago, Chile. Recuperado el Abril de 2018, de [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111886/de-Saez\\_jose.pdf](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111886/de-Saez_jose.pdf)

SCEE S.A. (1987). Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales, 50 años de labor, 1937-1987. Santiago.

SCEE S.A. (1985). Efectos del sismo del 3 de Marzo de 1985 sobre los locales escolares en Chile. Santiago.

## T-U

Torrent, H. (2016). Arquitectura moderna: Otra interpretación para valorizar mejor. *Patrimonio de Chile* N°68, p.13.

Torres, C., Valdivia S., Atria M. (2015). Arquitectura escolar pública como patrimonio moderno en Chile. Santiago

UNDRO. (1976). Directrices para la prevención de desastres. Organización de las Naciones Unidas (ONU), Oficina del coordinador de las naciones unidas para el socorro en casos de desastres (UNDRO), Ginebra.

## V-W

Valdivia S., Torres C. (2016). Infraestructura escolar pública: Historia, patrimonio y deuda. *Revista CA*. Obtenido de [http://revistaca.cl/wp-content/uploads/2016/08/153\\_A7\\_SValdivia.pdf](http://revistaca.cl/wp-content/uploads/2016/08/153_A7_SValdivia.pdf)



## 05. ANEXOS

- A\_ Resumen de normas chilenas
- B\_ Influencia de la O.G.U.C. en el diseño de establecimientos educacionales
- C\_ Obras protegidas por el Consejo de Monumentos Nacionales
- D\_ Formularios FEMA-154 y FEMA P-154



**Imagen 153:** Intervención de fotografía, Escalera Liceo experimental  
**Fuente:** Elaboración porpia

# A RESUMEN DE NORMAS CHILENAS

## **NCh1537 1986 Diseño estructural de edificios- Cargas permanentes y sobrecarga de uso.**

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales; fue declarada Norma chilena Oficial de la República, por Decreto N°212, con fecha 07 de noviembre de 1986, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Publicado en el Diario Oficial N°32.641, del 6 de diciembre de 1986. Esta norma establece las bases para determinar las cargas permanentes (Acción cuya variación en el tiempo es despreciable en relación a sus valores medios o aquella para la cual la variación tiende a un valor constante) y los valores mínimos para las sobrecargas de uso (Acción variable en el tiempo que se determina por la función y uso del edificio. Presenta variaciones frecuentes o continuas, no despreciables en relación a su valor medio) a considerar en el diseño de la estructura soportante de las edificaciones.

Respecto a la carga permanente: Se utilizan los anexos A y B de la presente norma para determinar la acción de los elementos permanentes en el sistema estructural del edificio ya sean elementos estructurales como no estructurales, además de tierras y líquidos retenidos. La unidad de medida de la carga permanente es newton, siendo la masa en kg multiplicada por 10 (9,80665)

Por otra parte la sobrecarga de uso contempla el efecto más desfavorable originado por cargas temporales distribuidas y/o puntuales originadas por la presencia de mercaderías, el almacenamiento de materiales específicos o la presencia humana o animal según el destino de uso del edificio y/o sus recintos mientras que en otros casos particulares como lugares de uso público, escaleras y corredores, se considera una sobrecarga de 4,0 kPa y en aceras y accesos vehiculares el valor cambia a 12,5kPa

La norma señala detalladamente la densidad de distintos sustancias, alimentos, minerales y materiales a utilizar para determinar las cargas tanto permanentes

como sobrecargas de uso.

## **NCh1198 1991 Madera- Construcciones en madera- Cálculo.**

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, declarada Norma chilena Oficial de la República por el Decreto N°69, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con fecha 04 de junio de 1991, publicado en el Diario Oficial N°33.997, del 20 de junio de 1991. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la anterior norma NCh1198.EOf77. La norma actual establece los métodos y procedimientos de diseño estructural determinando las condiciones mínimas que deben cumplir una construcción cuya materialidad parcial o completa corresponde a madera.

Las propiedades resistentes de la madera y de las uniones son afectadas por las condiciones de carga, por lo que el profesional a cargo, guiado por esta norma, debe asegurar la durabilidad y funcionalidad de la construcción, la calidad de la madera y además que cada elemento posea un diseño resistente considerando la geometría de la estructura, su fabricación y la interacción con otros elementos, considerando que “Las tensiones admisibles para los materiales derivados de la madera y las cargas admisibles de los elementos de unión establecidas en esta norma son aplicables a condiciones específicas, debiendo ser multiplicadas por los factores de modificación que esta norma establece cuando las condiciones efectivas de carga y servicio resultan diferentes”

Esta norma contempla cada variable del sistema estructural en madera, desde su diseño, calidad, especie, posible corrosión humedad y temperatura, hasta la combinación de cargas, las tensiones, flexiones, compresiones, los factores de modificación y los diferentes tipos de uniones; variables que influyen directamente en el funcionamiento de la estructura como parte del sistema que es el edificio.

### **NCh1928 Of93-Mod.2003 Albañilería armada- Requisitos para el diseño y cálculo.**

Esta norma no se aplica a albañilería semi-armada, reforzada o simple y además excluye a las unidades que no tengan un proceso de fabricación industrial.

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, declarada Norma chilena Oficial de la República por el Decreto N°140, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con fecha 20 de diciembre de 1993, publicado en el Diario Oficial N°34.760, del 10 de enero de 1994 y posteriormente modificada en 2003. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la anterior norma NCh1928.EOf86. La norma actual establece los métodos y procedimientos de diseño estructural determinando las condiciones mínimas que deben cumplir una construcción cuya materialidad parcial o completa corresponde a albañilería armada tanto cerámica como de hormigón (unidades que deben a su vez cumplir con los requisitos de la presente norma).

Para la modificación efectuada en el año 2003, se considera que los criterios de diseño que establece la NCh1928.Of1993 se elaboraron a partir de ensayos realizados en la década de los ochenta, que comprendieron solamente unidades de ladrillo cerámico hecho a máquina de 7,1cm de altura y bloques de hormigón de 19 cm de altura, por lo que el uso de unidades de altura superior a las nombradas anteriormente implica que el proyectista estructural modifíquese las disposiciones de diseño de la norma, de acuerdo a los antecedentes experimentales obtenidos con las unidades de altura diferente a 7,1 cm. Declarándola como modificación Oficial de la República por decreto N°216, de fecha 1 de octubre de 2003, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial del 20 de octubre de 2003.

El diseño de la albañilería armada considera que

los materiales que la componen, (unidad, mortero, hormigón y armadura) actúan como un todo para resistir las solicitaciones, para lo que deben cumplir con los requisitos de calidad especificados por las normas chilenas vigentes para cada material, en lo que no contradiga las disposiciones de la NCh1928.Of1993Mod.2003.

Esta norma cuenta con todo el detalle a considerar en la elaboración del diseño de un edificio que contemple albañilería armada, contando con diferentes anexos que complementan las aristas que pudiesen influir:

- A (normativo) que detalla las características de los materiales, su composición y comportamiento exigido.
- B (normativo) que establece los métodos para la confección y ensayos de compresión de prismas de albañilería.
- C (normativo) detalla las disposiciones constructivas.
- D (normativo) establece las exigencias de inspección y control según condiciones de la obra.
- E (informativo) Bibliografía y Normas Chilenas referenciadas.
- F (informativo) Comentarios a la norma y sus anexos.

### **NCh2123 Of97-Mod.2003 Albañilería confinada- Requisitos de diseño y cálculo.**

NCh430 2008 Hormigón armado- Requisitos de diseño y cálculo.

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, declarada Norma chilena Oficial de la República por el Decreto N°395, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con fecha 24 de abril de 2008, publicado en el Diario Oficial el 02 de mayo de 2008. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la norma NCh429.EOf1957 y a la norma NCh430.EOf1961. La norma actual establece los requisitos de diseño y cálculo para elementos estructurales de hormigón armado, aplicado a construcciones a lo largo de todo el territorio nacional, debiendo usarse en conjunto con el código ACI 318-05 (prevaleciendo

las modificaciones y determinaciones de la norma chilena).

Esta norma establece las bases para la composición, el tamaño, la forma y la función de los elementos estructurales de hormigón armado según sus solicitaciones, aportando en gran medida al diseño sismorresistente estipulado por la norma NCh433.

#### **NCh431 2010 Construcción- Sobrecargas de nieve.**

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 30 de noviembre de 2010. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la norma NCh431.Of1977 en cuanto se declare como Norma Oficial de la República. La norma propuesta establece los valores mínimos de sobrecargas de nieve que se deben emplear en el diseño de construcciones que puedan estar expuestas a cargas de nieve y estén ubicadas en el territorio nacional, excluido el territorio Antártico Chileno.

La norma establece criterios de diseño como la carga básica es establecida por la norma según georreferencias de latitud y altitud del lugar donde se ubicará el edificio a diseñar, la forma y exposición de los techos, cargas parciales, nieve acumulada, carga de lluvia sobre la nieve entre otros.

#### **NCh432 2010 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.**

Desarrollada por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 30 de noviembre de 2010. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la norma NCh432.Of1971 en cuanto se declare como Norma Oficial de la República. La norma propuesta establece la forma en que se debe considerar la acción del viento en el cálculo de construcciones, tanto para su sistema

estructural como para revestimientos y elementos secundarios. Determinando las cargas del viento a través de uno de los tres métodos propuestos según requerimientos del edificio.

La norma establece las solicitaciones principales a tener en cuenta con relación a la acción que ejerce el viento sobre las edificaciones desarrollando ciertos ensayos según sea necesario para lograr determinar las cargas de viento más específicamente.

#### **NCh433.Of96 Mod. 2012 Norma sísmica**

Desarrollada por el Comité de Normas Sismorresistentes, constituido por el Instituto Nacional de Normalización (INN) en conjunto a otros organismos y personas naturales, declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N°172, de fecha 05 de Diciembre de 1996. Fue desarrollada para actualizar, anular y reemplazar a la norma NCh433.Of93. Ha sido modificada en 2009 y 2012 agrgando la zonificación sísmica y enriqueciendo la clasificación de suelos respectivamente. La norma establece los requisitos mínimos para el diseño sísmico de edificios además de las exigencias sísmicas que deben cumplir elementos secundarios en una edificación. Se excluyen de la aplicación de la norma a las obras civiles e instalaciones o edificios industriales, además de materiales no convencionales o que no poseen resistencia y ductibilidad demostrada a través de ensayos.

Se establecen factores que deben influir en el diseño sismorresistente de la estructura soportante como la zonificación geográfica, efectos del suelo de fundación, clasificación de ocupación de edificios, combinación de las solicitaciones sísmicas con otras solicitaciones, métodos de análisis, diseño y construcción de fundaciones, entre otros



## B INFLUENCIA DE LA O.G.U.C. EN EL DISEÑO DE ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES

Artículo 2.1.33 de la O.G.U.C. en relación a las clases de equipamiento: Educación, en establecimientos destinados principalmente a la formación o capacitación en educación superior, técnica, media, básica, básica especial y pre-básica, y a centros de capacitación, de orientación o de rehabilitación conductual.

En los edificios existentes de hasta 5 pisos destinados exclusivamente a viviendas, o hasta 4 pisos destinados a educación, en los niveles correspondientes a General Básico, Medio, y/o Básico Especial señalados en el artículo 4.5.1. de esta Ordenanza se podrán instalar ascensores especiales para personas con discapacidad, especialmente aquellas con movilidad reducida.

Artículo 4.2.4: Superficie de la edificación según recintos y carga de ocupación:

Educación:	m <sup>2</sup> x persona
Salones, auditorios	0,5
Salas de uso múltiple, casino	1,0
Salas de clase	1,5
Camarines, gimnasios	4,0
Talleres, Laboratorios, Bibliotecas	5,0
Oficinas administrativas	7,0
Cocina	15,0

Artículo 4.3.28: Deben contar con un grifo de agua contra incendio conectado a la red pública y accesible al Cuerpo de Bomberos, los edificios o establecimientos de uso hospitalario o educacional, con una carga de ocupación superior a 2.000 personas.

### CAPITULO 5 LOCALES ESCOLARES Y HOGARES ESTUDIANTILES

Artículo 4.5.1. Todo edificio que se construya para local escolar u hogar estudiantil, como asimismo, los edificios que en el futuro se destinen a dichos usos, deberán cumplir con las disposiciones contenidas tanto en la Ley General de Urbanismo y Construcciones como en la presente

Ordenanza y, en especial, con las normas del presente Capítulo, las que prevalecerán sobre las de carácter general de esta Ordenanza, cuando ambas estén referidas a una misma materia.

Asimismo, estos edificios deberán cumplir con las disposiciones del artículo 4.1.7. de esta Ordenanza, en todo lo que corresponda. La ruta accesible conectará los accesos del edificio con las salas de clases, talleres, laboratorios, bibliotecas, salas de actividades, las salas del personal docente y administrativo, los servicios higiénicos, el o los patios, la cancha o la multicancha, el gimnasio y el auditorio, si contare con estos. Igualmente, deberá conectar el o los estacionamientos para personas con discapacidad, cuando el proyecto los contemple.

Sin perjuicio de lo anterior, los establecimientos educacionales que optaren a las subvenciones que otorga el D.L.N°3.476, de 1980, deberán además, cumplir con los requisitos establecidos en dicho cuerpo legal o en sus reglamentos, siendo de responsabilidad del Ministerio de Educación Pública verificar su cumplimiento.

Artículo 4.5.2. Los edificios a que se refiere el presente Capítulo se calificarán como locales escolares cuando se construyan o habiliten con el objeto de desarrollar un proceso de enseñanza-aprendizaje correspondiente a los niveles Parvulario, General Básico, Medio, Básico Especial, Superior o Educación de Adultos, sea o no en calidad de Cooperador de la Función Educacional del Estado. El nivel Parvulario comprenderá Sala Cuna y Jardín Infantil.

Se calificarán como Hogares Estudiantiles las edificaciones destinadas a residencia y albergue de estudiantes, sea que éstas estén emplazadas dentro del mismo predio, integradas o no al local escolar, o se ubiquen en predios independientes.

Artículo 4.5.3. Las solicitudes de permiso para construir locales escolares o para adecuar edificios existentes para tal fin, podrán ser admitidas a tramitación por la Dirección de Obras Municipales únicamente si el Plan Regulador Comunal vigente a la fecha de la respectiva solicitud, contempla, ya sea implícita o explícitamente, el uso de suelo de equipamiento educacional para el sector en el cual se pretenden localizar. Asimismo el cambio de destino de las edificaciones para estos fines, deberá también ser

concordante con el uso de suelo permitido por dicho instrumento de planificación territorial. En el caso de áreas urbanas que no cuenten con normas al respecto, se entenderá que está autorizada su localización en cualquier ubicación de ella.

No corresponderá a las Direcciones de Obras Municipales exigir ni verificar el cumplimiento de las normas legales y reglamentarias que deben observarse para gozar de subvención estatal, las que serán exigidas y controladas directamente por personal técnico del Ministerio de Educación Pública.

Artículo 4.5.5. Con el objeto de asegurar a los alumnos adecuados niveles de iluminación y ventilación natural, los recintos docentes correspondientes a salas de actividades, de clases, talleres y laboratorios, como asimismo el recinto destinado a estar-comedor-estudio y los dormitorios en hogares estudiantiles, deberán consultar vanos cuyas superficies mínimas corresponderán al porcentaje de la superficie interior del respectivo recinto que se indica en la siguiente tabla:

% SUPERFICIE DEL RECINTO

	ILUMINACION		VENTILACION	
Regiones	Recintos docentes	Recintos Hogar estudiantil	Recintos docentes	Recintos hogar estudiantil
I a IV y XV	14	6	8	6
V a VII y RM	17	7	8	6
VIII a XII y XIV	20	8	8	6

En los locales de Educación Superior y de Adultos se autorizará, como complemento, el uso de sistemas mecánicos de ventilación e iluminación artificial, cuando los niveles mínimos establecidos no se logren con ventilación e iluminación natural.

En los recintos docentes, el estándar de iluminación deberá provenir de ventanas ubicadas en las paredes y se podrá complementar con iluminación cenital.

Las ventanas de los recintos docentes ubicados en pisos superiores al del terreno natural, deberán proveerse de antepechos de una altura no inferior a 0,95 m.

Los vanos para ventilación deberán permitir, preferentemente, una aireación por la parte superior de los recintos.

Artículo 4.5.6. Con el objeto de asegurar un área y volumen de aire adecuados a la capacidad de alumnos, las salas de actividades, salas de clases, los talleres, laboratorios y bibliotecas, deberán cumplir con los estándares que se indican en la tabla siguiente:

NIVEL DE LOCAL ESCOLAR	VOLUMEN DE AIRE m <sup>3</sup> /al.	SUPERFICIE SALA DE CLASES Y ACTIVIDADES m <sup>2</sup> /al	SUPERFICIE TALLERES Y LABORATORIOS m <sup>2</sup> /al	SUPERFICIE BIBLIOTECA m <sup>2</sup> /al
-General básico y medio	3,00	1,10	1,50	2,00
-Básico Especial	3,00	2,00	-	-

NIVEL DE LOCAL ESCOLAR	SUPERFICIE TOTAL DE PATIO EXIGIBLE E INCREMENTO	SUPERFICIE DE PATIO EXIGIBLE A SER CUBIERTA E INCREMENTO	
	I a XV Regiones y RM	I a VI Regiones, RM y XV Región	VII a XII y XIV Regiones
-General básico y medio	Hasta 60 al. 150 m <sup>2</sup> Sobre 60 al. 2,50 m <sup>2</sup> /al.	Desde 180 al. Hasta 270 al. 70 m <sup>2</sup> Sobre 270 al. 0,15 m <sup>2</sup> /al.	Desde 180 al. Hasta 270 al. 70 m <sup>2</sup> Sobre 270 al. 0,15 m <sup>2</sup> /al.
-Básico Especial	Hasta 40 al. 120 m <sup>2</sup> Sobre 40 al. 3,00 m <sup>2</sup> /al.	-	-

# C OBRAS PROTEGIDAS POR EL CMN

## EDIFICACIONES DEL SIGLO XX

DENOMINACIÓN OFICIAL	N° DE DECRETO	AÑO
Inmueble en que funciona la Escuela F-511	04067	1980
Casa de Pablo Neruda, ubicada en calle Fernando Márquez de la Plata N°019	00622	1990
El Edificio del ferrocarril de Huará	00138	1991
Casa Yunge de Puerto Varas	00290	1992
Inmueble ubicado en Avenida Francia N° 1442	00555	1996
Capilla Nuestra Señora del Trabajo	00218	1999
Edificio del Ex Sanatorio Laennec	00780	2002
Catedral de Valparaíso	00355	2003
Estadio Nacional	00710	2003
Liceo de Niñas Gabriela Mistral	01096	2004
Escuela Germán Riesco	01096	2004
Inmueble conocido como "Nido 20"	01922	2006
Casa presidencial de Tomás Moro	02130	2007
Edificio sede del Colegio de Enfermeras de Chile A. G.	00909	2007
Escuela antigua de cerro Castillo	00454	2008
Campamento Minero Puerto Cristal	02507	2008
ESTADIO NACIONAL	710	2003

DENOMINACIÓN OFICIAL	N° DE DECRETO	AÑO
Estación Ferroviaria El Manzanar	02655	2008
Edificio de los Servicios Públicos de Talca	02739	2008
Ex Casa Vásquez (Edificio Consistorial de Macul)	00148	2009
Casona fundacional estancia Alto Río Cisnes	00413	2009
Estadio Víctor Jara (Estadio Chile)	00483	2010
Torre del Centenario de Lota	00379	2010
Base militar Antártica Capitán General Bernardo O'Higgins Riquelme y a los bienes que indica	00406	2012
Catedral Evangélica de Chile	00588	2014
Consultorio N°1 Doctor Ramón Corbalán Melgarejo	00291	2014
VILLA FREI	517	2015
Escuela de Derecho de la Universidad de Chile	00289	2014
Edificio Estación de Ferrocarriles de La Calera	00306	2014
Mercado Central de Concepción	00322	2014
Edificio Sede del Tribunal Calificador de Elecciones	157	2015
Catedral de Chillán	145	2015
Ex Ballenera de Quintay	321	2015
SCUOLA ITALIANA "ARTURO DELL'ORO"	385	2007

DENOMINACIÓN OFICIAL	N° DE DECRETO	AÑO
Ex Centro de Detención Clínica Santa Lucía	136	2016
Conjunto de inmuebles y sitios correspondientes a la ex Colonia Dignidad	208	2016
Consultorio N°2	307	2016
Sede Social de la Agrupación Nacional de Empleados Fiscales (ANEF)	346	2016
Campamentos Industriales Asociados a la extracción de guano y sal: Pabellón de Pica y Huanillos	285	2017
Campamentos Industriales Asociados a la extracción de guano y sal: Pabellón de Pica y Huanillos	285	2017
Villa Ministro Carlos Cortés (Villa San Luis de Las Condes)	135	2017
Centro cívico del campamento minero Chuquicamán	176	2015
Edificio de la Cooperativa Eléctrica de Chillán COPEL	2416	2008
Sector Quebrada Márquez	605	2001
Catedral de Valparaíso	355	2003
Teatro Nacional de Antofagasta	504	2017
Campus Universidad de Concepción	393	2016
Barrio Huemul	26	2016
Villa Olímpica	141	2017
Monasterio Benedictino	1661	1981
Casa del ex Presidente de la República Eduardo Frei	586	2005

Información obtenida de la página web del Consejo de Monumentos Nacionales (<http://www.monumentos.cl>)

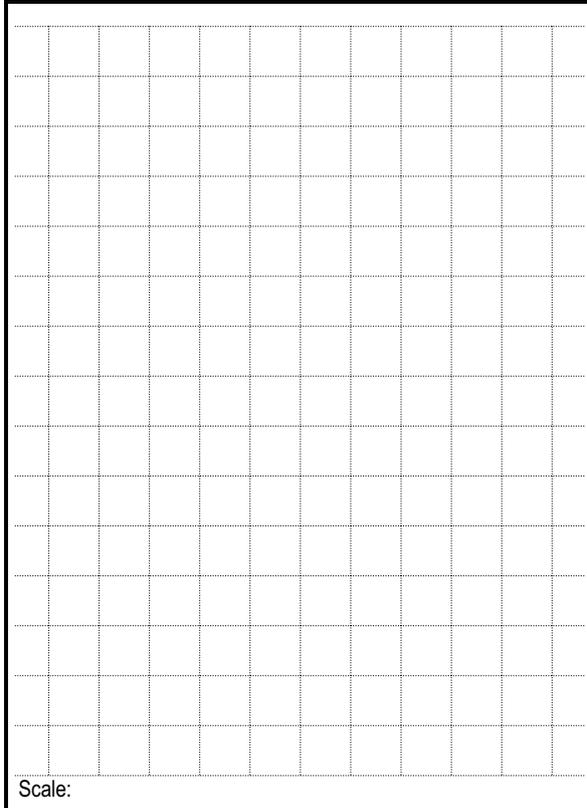
# D FORMULARIOS FEMA

FEMA-154 DE REFERENCIA

## Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards

FEMA-154 Data Collection Form

**HIGH Seismicity**

	Address: _____ _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____ <div style="text-align: center; padding: 50px 0;">PHOTOGRAPH</div>
------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Scale: \_\_\_\_\_

OCCUPANCY				SOIL TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly Commercial Emer. Services	Govt. Historic Industrial	Office Residential School	Number of Persons 0 – 10    11 – 100 101-1000    1000+	A Hard Rock	B Avg. Rock	C Dense Soil	D Stiff Soil	E Soft Soil	F Poor Soil	<input type="checkbox"/> Unreinforced Chimneys	<input type="checkbox"/> Parapets	<input type="checkbox"/> Cladding	<input type="checkbox"/> Other:

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	4.4	3.8	2.8	3.0	3.2	2.8	2.0	2.5	2.8	1.6	2.6	2.4	2.8	2.8	1.8
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	+0.4	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4	0.0
High Rise (> 7 stories)	N/A	N/A	+0.6	+0.8	N/A	+0.8	+0.8	+0.6	+0.8	+0.3	N/A	+0.4	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-2.5	-2.0	-1.0	-1.5	N/A	-1.0	-1.0	-1.5	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.2
Post-Benchmark	+2.4	+2.4	+1.4	+1.4	N/A	+1.6	N/A	+1.4	+2.4	N/A	+2.4	N/A	+2.8	+2.6	N/A
Soil Type C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type D	0.0	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6
Soil Type E	0.0	-0.8	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-1.2	-0.8	-0.8	-0.4	-1.2	-0.4	-0.6	-0.8

**FINAL SCORE, S**

COMMENTS   	<b>Detailed Evaluation Required</b>  YES    NO
----------------------	--------------------------------------------------------------

\* = Estimated, subjective, or unreliable data  
 DNK = Do Not Know

BR = Braced frame  
 FD = Flexible diaphragm  
 LM = Light metal

MRF = Moment-resisting frame  
 RC = Reinforced concrete  
 RD = Rigid diaphragm

SW = Shear wall  
 TU = Tilt up  
 URM INF = Unreinforced masonry infill

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
 FEMA-154 Data Collection Form

**MODERATE Seismicity**

	Address: _____ _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____
PHOTOGRAPH	
Scale: _____	

OCCUPANCY				SOIL TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt.	Office	Number of Persons	A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	Residential	0 – 10    11 – 100	Hard	Avg. Rock	Dense Soil	Stiff Soil	Soft Soil	Poor Soil	Unreinforced Chimneys	Parapets	Cladding	Other:
Emer. Services	Industrial	School	101-1000    1000+	Rock	Rock								

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	5.2	4.8	3.6	3.6	3.8	3.6	3.6	3.0	3.6	3.2	3.2	3.2	3.6	3.4	3.4
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.4	+0.4	N/A	+0.4	+0.4	+0.2	+0.4	+0.2	N/A	+0.4	+0.4	+0.4	-0.4
High Rise (>7 stories)	N/A	N/A	+1.4	+1.4	N/A	+1.4	+0.8	+0.5	+0.8	+0.4	N/A	+0.6	N/A	+0.6	N/A
Vertical Irregularity	-3.5	-3.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pre-Code	0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-1.0	-0.4	-1.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Post-Benchmark	+1.6	+1.6	+1.4	+1.4	N/A	+1.2	N/A	+1.2	+1.6	N/A	+1.8	N/A	2.0	+1.8	N/A
Soil Type C	-0.2	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.8	-0.8	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.4
Soil Type D	-0.6	-1.2	-1.0	-1.2	-1.0	-1.2	-1.2	-1.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
Soil Type E	-1.2	-1.8	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6

FINAL SCORE S															
COMMENTS														Detailed Evaluation Required YES NO	

\* = Estimated, subjective, or unreliable data  
 DNK = Do Not Know  
 BR = Braced frame  
 FD = Flexible diaphragm  
 LM = Light metal  
 MRF = Moment-resisting frame  
 RC = Reinforced concrete  
 RD = Rigid diaphragm  
 SW = Shear wall  
 TU = Tilt up  
 URM INF = Unreinforced masonry infill

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
 FEMA-154 Data Collection Form

**LOW Seismicity**

	Address: _____ _____ Zip _____ Other Identifiers _____ No. Stories _____ Year Built _____ Screener _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft.) _____ Building Name _____ Use _____
Scale: _____	PHOTOGRAPH

OCCUPANCY					SOIL TYPE						FALLING HAZARDS			
Assembly	Govt.	Office	Number of Persons		A	B	C	D	E	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	Residential	0 – 10	11 – 100	Hard	Avg.	Dense	Stiff	Soft	Poor	Unreinforced	Parapets	Cladding	Other:
Emer. Services	Industrial	School	101-1000	1000+	Rock	Rock	Soil	Soil	Soil	Soil	Chimneys			

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S															
BUILDING TYPE	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM
Basic Score	7.4	6.0	4.6	4.8	4.6	4.8	5.0	4.4	4.8	4.4	4.4	4.6	4.8	4.6	4.6
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	N/A	+0.2	+0.4	N/A	+0.2	-0.2	+0.4	-0.2	-0.4	N/A	-0.2	-0.4	-0.2	-0.6
High Rise (>7 stories)	N/A	N/A	+1.0	+1.0	N/A	+1.0	+1.2	+1.0	0.0	-0.4	N/A	-0.2	N/A	0.0	N/A
Vertical Irregularity	-4.0	-3.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-1.5	-2.0	-2.0	N/A	-1.5	-2.0	-1.5	-1.5
Plan Irregularity	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Pre-Code	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Post-Benchmark	0.0	+0.2	+0.4	+0.6	N/A	+0.6	N/A	+0.6	+0.4	N/A	+0.2	N/A	+0.2	+0.4	+0.4
Soil Type C	-0.4	-0.4	-0.8	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4
Soil Type D	-1.0	-0.8	-1.4	-1.2	-1.0	-1.4	-0.8	-1.4	-0.8	-0.8	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8
Soil Type E	-1.8	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.2	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.8	-2.0	-1.4	-1.6	-1.4

FINAL SCORE, S															
COMMENTS														Detailed Evaluation Required	
														YES	NO

\* = Estimated, subjective, or unreliable data  
 DNK = Do Not Know  
 BR = Braced frame  
 FD = Flexible diaphragm  
 LM = Light metal  
 MRF = Moment-resisting frame  
 RC = Reinforced concrete  
 RD = Rigid diaphragm  
 SW = Shear wall  
 TU = Tilt up  
 URM INF = Unreinforced masonry infill



**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**

**Level 2 (Optional)  
VERY HIGH Seismicity**

FEMA P-154 Data Collection Form

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

<b>Bldg Name:</b>	<b>Final Level 1 Score:</b> $S_{L1} =$	<i>(do not consider <math>S_{MIN}</math>)</i>	
<b>Screener:</b>	<b>Level 1 Irregularity Modifiers:</b>	Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Plan Irregularity, $P_{L1} =$
<b>Date/Time:</b>	<b>ADJUSTED BASELINE SCORE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

**STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE**

Topic	Statement <i>(If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier.)</i>	Yes	Subtotals
Vertical Irregularity, $V_{L2}$	Sloping Site	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.9
		Non-W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.2
	Weak and/or Soft Story <i>(circle one maximum)</i>	W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.5
		W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-0.9
		W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-0.9
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-0.7
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.4
	Setback	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-0.7
		Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.4
		There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.2
	Short Column/ Pier	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.4
		C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.4
Split Level	There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.4	
Other Irregularity	There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.7	
	There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.4	
Plan Irregularity, $P_{L2}$	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. <i>(Do not include the W1A open front irregularity listed above.)</i>	-0.5	
	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.2	
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.2	
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.2	
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.2	
	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.5	
Redundancy	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.2	
Pounding	Building is separated from an adjacent structure by less than 1.5% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and:	The floors do not align vertically within 2 feet.	-0.7
		One building is 2 or more stories taller than the other.	-0.7
		The building is at the end of the block.	-0.4
S2 Building	"K" bracing geometry is visible.	-0.7	
C1 Building	Flat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.3	
PC1/RM1 Bldg	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. <i>(Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)</i>	+0.2	
PC1/RM1 Bldg	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.2	
URM	Gable walls are present.	-0.3	
MH	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+0.5	
Retrofit	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.2	
<b>FINAL LEVEL 2 SCORE, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math>.</b>			<i>(Transfer to Level 1 form)</i>

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance:  Yes  No  
 If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

**OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS**

Location	Statement <i>(Check "Yes" or "No")</i>	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
Interior	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
	Other observed interior nonstructural falling hazard:			

**Estimated Nonstructural Seismic Performance** *(Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)*  
 Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety →Detailed Nonstructural Evaluation recommended  
 Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety →But no Detailed Nonstructural Evaluation required  
 Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety →No Detailed Nonstructural Evaluation required

**Comments:**

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
 FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 1  
 HIGH Seismicity**

<p>PHOTOGRAPH</p>	<p>Address: _____ Zip: _____</p> <p>Other Identifiers: _____</p> <p>Building Name: _____</p> <p>Use: _____</p> <p>Latitude: _____ Longitude: _____</p> <p>Ss: _____ S<sub>r</sub>: _____</p> <p>Screener(s): _____ Date/Time: _____</p> <p>No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: _____ <input type="checkbox"/> EST</p> <p>Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____</p> <p>Additions: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Yes, Year(s) Built: _____</p> <p>Occupancy: Assembly <input type="checkbox"/> Commercial <input type="checkbox"/> Emer. Services <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> Shelter                  Industrial <input type="checkbox"/> Office <input type="checkbox"/> School <input type="checkbox"/> Government                  Utility <input type="checkbox"/> Warehouse <input type="checkbox"/> Residential, # Units: _____</p> <p>Soil Type: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK                  Hard Avg Dense Stiff Soft Poor                  Rock Rock Soil Soil Soil Soil                  If DNK, assume Type D.</p> <p>Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK</p> <p>Adjacency: <input type="checkbox"/> Pounding <input type="checkbox"/> Falling Hazards from Taller Adjacent Building</p> <p>Irregularities: <input type="checkbox"/> Vertical (type/severity) _____  <input type="checkbox"/> Plan (type) _____</p> <p>Exterior Falling Hazards: <input type="checkbox"/> Unbraced Chimneys <input type="checkbox"/> Heavy Cladding or Heavy Veneer  <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Appendages  <input type="checkbox"/> Other: _____</p> <p>COMMENTS:</p>
<p>SKETCH</p>	<p><input type="checkbox"/> Additional sketches or comments on separate page</p>

BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S <sub>L1</sub>																		
FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Basic Score		3.6	3.2	2.9	2.1	2.0	2.6	2.0	1.7	1.5	2.0	1.2	1.6	1.4	1.7	1.7	1.0	1.5
Severe Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-1.2	-1.2	-1.2	-1.0	-1.0	-1.1	-1.0	-0.8	-0.9	-1.0	-0.7	-1.0	-0.9	-0.9	-0.9	-0.7	NA
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.6	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.6	-0.5	-0.5	-0.4	NA	
Plan Irregularity, P <sub>L1</sub>		-1.1	-1.0	-1.0	-0.8	-0.7	-0.9	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.5	-0.7	-0.6	-0.7	-0.7	-0.4	NA
Pre-Code		-1.1	-1.0	-0.9	-0.6	-0.6	-0.8	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	0.0	-0.1
Post-Benchmark		1.6	1.9	2.2	1.4	1.4	1.1	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.0	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.6	0.4	0.5	0.5	0.3	0.3
Soil Type E (1-3 stories)		0.2	0.2	0.1	-0.2	-0.4	0.2	-0.1	-0.4	0.0	0.0	-0.2	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4
Soil Type E (> 3 stories)		-0.3	-0.6	-0.9	-0.6	-0.6	NA	-0.6	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	NA	-0.4	-0.5	-0.6	-0.2	NA
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>		1.1	0.9	0.7	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	1.0

FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub> ≥ S<sub>MIN</sub>:

<p><b>EXTENT OF REVIEW</b></p> <p>Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial                  Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered</p> <p>Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No</p> <p>Soil Type Source: _____</p> <p>Geologic Hazards Source: _____</p> <p>Contact Person: _____</p>	<p><b>OTHER HAZARDS</b></p> <p>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</p> <p><input type="checkbox"/> Pounding potential (unless S<sub>L2</sub> &gt; cut-off, if known)</p> <p><input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building</p> <p><input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F</p> <p><input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system</p>	<p><b>ACTION REQUIRED</b></p> <p>Detailed Structural Evaluation Required?</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, other hazards present</p> <p><input type="checkbox"/> No</p> <p>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</p> <p><input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated</p> <p><input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary</p> <p><input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm  
 BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**

**Level 2 (Optional)  
HIGH Seismicity**

FEMA P-154 Data Collection Form

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

<b>Bldg Name:</b>	<b>Final Level 1 Score:</b> $S_{L1} =$	<i>(do not consider <math>S_{MIN}</math>)</i>	
<b>Screener:</b>	<b>Level 1 Irregularity Modifiers:</b>	Vertical Irregularity, $V_{L1} =$	Plan Irregularity, $P_{L1} =$
<b>Date/Time:</b>	<b>ADJUSTED BASELINE SCORE:</b>	$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	

<b>STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE</b>				
Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier.)	Yes	Subtotals	
Vertical Irregularity, $V_{L2}$	Sloping Site	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.2	$V_{L2} =$ <i>(Cap at -1.2)</i>
		Non-W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.3	
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.6	
		W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-1.2	
		W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.2	
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-0.9	
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.5	
	Setback	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.0	
		Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.5	
		There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.3	
Short Column/Pier	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.5		
	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.5		
Split Level	There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.5		
Other Irregularity	There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.0		
	There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.5		
Plan Irregularity, $P_{L2}$	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the W1A open front irregularity listed above.)	-0.7	$P_{L2} =$ <i>(Cap at -1.1)</i>	
	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.4		
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.4		
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.2		
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.4		
	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.7		
Redundancy	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.3		
Pounding	Building is separated from an adjacent structure by less than 1% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and:	The floors do not align vertically within 2 feet. ; (Cap total	-1.0	
		One building is 2 or more stories taller than the other. ; pounding	-1.0	
		The building is at the end of the block. ; modifiers at -1.2)	-0.5	
S2 Building	"K" bracing geometry is visible.	-1.0		
C1 Building	Flat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.4		
PC1/RM1 Bldg	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)	+0.3		
PC1/RM1 Bldg	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.3		
URM	Gable walls are present.	-0.4		
MH	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+1.2		
Retrofit	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.4	$M =$	

**FINAL LEVEL 2 SCORE,  $S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}$ :** *(Transfer to Level 1 form)*

There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance:  Yes  No  
If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.

<b>OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS</b>				
Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
Interior	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
	Other observed interior nonstructural falling hazard:			
<b>Estimated Nonstructural Seismic Performance</b> (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)				
<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended				
<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required				
<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required				

**Comments:**

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**  
FEMA P-154 Data Collection Form

**Level 1**  
**MODERATELY HIGH Seismicity**

<p>PHOTOGRAPH</p>	<p>Address: _____ Zip: _____</p> <p>Other Identifiers: _____</p> <p>Building Name: _____</p> <p>Use: _____</p> <p>Latitude: _____ Longitude: _____</p> <p>Ss: _____ S<sub>r</sub>: _____</p> <p> Screener(s): _____ Date/Time: _____</p> <p>No. Stories: Above Grade: _____ Below Grade: _____ Year Built: <input type="checkbox"/> EST</p> <p>Total Floor Area (sq. ft.): _____ Code Year: _____</p> <p>Additions: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Yes, Year(s) Built: _____</p> <p>Occupancy: Assembly Commercial Emer. Services <input type="checkbox"/> Historic <input type="checkbox"/> Shelter                  Industrial Office School <input type="checkbox"/> Government                  Utility Warehouse Residential, # Units: _____</p> <p>Soil Type: <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> DNK                  Hard Avg Dense Stiff Soft Poor DNK                  Rock Rock Soil Soil Soil Soil If DNK, assume Type D.</p> <p>Geologic Hazards: Liquefaction: Yes/No/DNK Landslide: Yes/No/DNK Surf. Rupt.: Yes/No/DNK</p> <p>Adjacency: <input type="checkbox"/> Pounding <input type="checkbox"/> Falling Hazards from Taller Adjacent Building</p> <p>Irregularities: <input type="checkbox"/> Vertical (type/severity) _____  <input type="checkbox"/> Plan (type) _____</p> <p>Exterior Falling Hazards: <input type="checkbox"/> Unbraced Chimneys <input type="checkbox"/> Heavy Cladding or Heavy Veneer  <input type="checkbox"/> Parapets <input type="checkbox"/> Appendages  <input type="checkbox"/> Other: _____</p> <p>COMMENTS:</p> <p style="text-align: right;"><input type="checkbox"/> Additional sketches or comments on separate page</p>
<p>SKETCH</p>	

**BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub>**

FEMA BUILDING TYPE	Do Not Know	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URM INF)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URM INF)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
<b>Basic Score</b>		4.1	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2	2.2
Severe Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-1.3	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8	NA
Moderate Vertical Irregularity, V <sub>L1</sub>		-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	NA
Plan Irregularity, P <sub>L1</sub>		-1.3	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	NA
Pre-Code		-0.8	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1	-0.3
Post-Benchmark		1.5	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	NA	1.9	2.1	NA	2.1	2.4	2.1	2.1	NA	1.2
Soil Type A or B		0.3	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6	0.9
Soil Type E (1-3 stories)		0.0	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.5
Soil Type E (> 3 stories)		-0.5	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	NA	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-0.4	NA	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3	NA
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>		1.6	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	1.4

**FINAL LEVEL 1 SCORE, S<sub>L1</sub> ≥ S<sub>MIN</sub>:**

<p><b>EXTENT OF REVIEW</b></p> <p>Exterior: <input type="checkbox"/> Partial <input type="checkbox"/> All Sides <input type="checkbox"/> Aerial                  Interior: <input type="checkbox"/> None <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Entered                  Drawings Reviewed: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No                  Soil Type Source: _____                  Geologic Hazards Source: _____                  Contact Person: _____</p> <p><b>LEVEL 2 SCREENING PERFORMED?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Yes, Final Level 2 Score, S<sub>L2</sub> _____ <input type="checkbox"/> No                  Nonstructural hazards? <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No</p>	<p><b>OTHER HAZARDS</b></p> <p><b>Are There Hazards That Trigger A Detailed Structural Evaluation?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Pounding potential (unless S<sub>L2</sub> &gt; cut-off, if known)  <input type="checkbox"/> Falling hazards from taller adjacent building  <input type="checkbox"/> Geologic hazards or Soil Type F  <input type="checkbox"/> Significant damage/deterioration to the structural system</p>	<p><b>ACTION REQUIRED</b></p> <p><b>Detailed Structural Evaluation Required?</b></p> <p><input type="checkbox"/> Yes, unknown FEMA building type or other building  <input type="checkbox"/> Yes, score less than cut-off  <input type="checkbox"/> Yes, other hazards present  <input type="checkbox"/> No</p> <p><b>Detailed Nonstructural Evaluation Recommended? (check one)</b></p> <p><input type="checkbox"/> Yes, nonstructural hazards identified that should be evaluated  <input type="checkbox"/> No, nonstructural hazards exist that may require mitigation, but a detailed evaluation is not necessary  <input type="checkbox"/> No, no nonstructural hazards identified <input type="checkbox"/> DNK</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Where information cannot be verified, screener shall note the following: EST = Estimated or unreliable data OR DNK = Do Not Know

Legend: MRF = Moment-resisting frame RC = Reinforced concrete URM INF = Unreinforced masonry infill MH = Manufactured Housing FD = Flexible diaphragm  
 BR = Braced frame SW = Shear wall TU = Tilt up LM = Light metal RD = Rigid diaphragm

**Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards**

**Level 2 (Optional)**

FEMA P-154 Data Collection Form

**MODERATELY HIGH Seismicity**

Optional Level 2 data collection to be performed by a civil or structural engineering professional, architect, or graduate student with background in seismic evaluation or design of buildings.

<b>Bldg Name:</b>	<b>Final Level 1 Score:</b> $S_{L1} =$ _____ (do not consider $S_{MIN}$ )
<b>Screener:</b>	<b>Level 1 Irregularity Modifiers:</b> Vertical Irregularity, $V_{L1} =$ _____ Plan Irregularity, $P_{L1} =$ _____
<b>Date/Time:</b>	<b>ADJUSTED BASELINE SCORE:</b> $S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$ _____

STRUCTURAL MODIFIERS TO ADD TO ADJUSTED BASELINE SCORE				
Topic	Statement (If statement is true, circle the "Yes" modifier; otherwise cross out the modifier.)	Yes	Subtotals	
Vertical Irregularity, $V_{L2}$	Sloping Site	W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-1.3	
		Non-W1 building: There is at least a full story grade change from one side of the building to the other.	-0.3	
	Weak and/or Soft Story (circle one maximum)	W1 building cripple wall: An unbraced cripple wall is visible in the crawl space.	-0.6	
		W1 house over garage: Underneath an occupied story, there is a garage opening without a steel moment frame, and there is less than 8' of wall on the same line (for multiple occupied floors above, use 16' of wall minimum).	-1.3	
		W1A building open front: There are openings at the ground story (such as for parking) over at least 50% of the length of the building.	-1.3	
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is less than 50% of that at story above or height of any story is more than 2.0 times the height of the story above.	-1.0	
		Non-W1 building: Length of lateral system at any story is between 50% and 75% of that at story above or height of any story is between 1.3 and 2.0 times the height of the story above.	-0.5	
	Setback	Vertical elements of the lateral system at an upper story are outboard of those at the story below causing the diaphragm to cantilever at the offset.	-1.0	
		Vertical elements of the lateral system at upper stories are inboard of those at lower stories.	-0.5	
		There is an in-plane offset of the lateral elements that is greater than the length of the elements.	-0.3	
	Short Column/ Pier	C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: At least 20% of columns (or piers) along a column line in the lateral system have height/depth ratios less than 50% of the nominal height/depth ratio at that level.	-0.5	
		C1,C2,C3,PC1,PC2,RM1,RM2: The column depth (or pier width) is less than one half of the depth of the spandrel, or there are infill walls or adjacent floors that shorten the column.	-0.5	
Split Level	There is a split level at one of the floor levels or at the roof.	-0.5		
Other Irregularity	There is another observable severe vertical irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-1.0	$V_{L2} =$ _____ (Cap at -1.3)	
	There is another observable moderate vertical irregularity that may affect the building's seismic performance.	-0.5		
Plan Irregularity, $P_{L2}$	Torsional irregularity: Lateral system does not appear relatively well distributed in plan in either or both directions. (Do not include the W1A open front irregularity listed above.)	-0.8	$P_{L2} =$ _____ (Cap at -1.3)	
	Non-parallel system: There are one or more major vertical elements of the lateral system that are not orthogonal to each other.	-0.4		
	Reentrant corner: Both projections from an interior corner exceed 25% of the overall plan dimension in that direction.	-0.4		
	Diaphragm opening: There is an opening in the diaphragm with a width over 50% of the total diaphragm width at that level.	-0.3		
	C1, C2 building out-of-plane offset: The exterior beams do not align with the columns in plan.	-0.4		
	Other irregularity: There is another observable plan irregularity that obviously affects the building's seismic performance.	-0.8		
Redundancy	The building has at least two bays of lateral elements on each side of the building in each direction.	+0.3	$M =$ _____	
Pounding	Building is separated from an adjacent structure by less than 0.5% of the height of the shorter of the building and adjacent structure and:	The floors do not align vertically within 2 feet. _____ ; (Cap total		-1.0
		One building is 2 or more stories taller than the other. _____ ; pounding		-1.0
		The building is at the end of the block. _____ ; modifiers at -1.3)		-0.5
S2 Building	"K" bracing geometry is visible.	-1.0		
C1 Building	Flat plate serves as the beam in the moment frame.	-0.5		
PC1/RM1 Bldg	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending. (Do not combine with post-benchmark or retrofit modifier.)	+0.3		
PC1/RM1 Bldg	The building has closely spaced, full height interior walls (rather than an interior space with few walls such as in a warehouse).	+0.3		
URM	Gable walls are present.	-0.4		
MH	There is a supplemental seismic bracing system provided between the carriage and the ground.	+1.2		
Retrofit	Comprehensive seismic retrofit is visible or known from drawings.	+1.4		
<b>FINAL LEVEL 2 SCORE, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math></b>			(Transfer to Level 1 form)	
There is observable damage or deterioration or another condition that negatively affects the building's seismic performance: <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No				
If yes, describe the condition in the comment box below and indicate on the Level 1 form that detailed evaluation is required independent of the building's score.				

OBSERVABLE NONSTRUCTURAL HAZARDS				
Location	Statement (Check "Yes" or "No")	Yes	No	Comment
Exterior	There is an unbraced unreinforced masonry parapet or unbraced unreinforced masonry chimney.			
	There is heavy cladding or heavy veneer.			
	There is a heavy canopy over exit doors or pedestrian walkways that appears inadequately supported.			
	There is an unreinforced masonry appendage over exit doors or pedestrian walkways.			
	There is a sign posted on the building that indicates hazardous materials are present.			
	There is a taller adjacent building with an unanchored URM wall or unbraced URM parapet or chimney.			
	Other observed exterior nonstructural falling hazard:			
Interior	There are hollow clay tile or brick partitions at any stair or exit corridor.			
	Other observed interior nonstructural falling hazard:			
<b>Estimated Nonstructural Seismic Performance</b> (Check appropriate box and transfer to Level 1 form conclusions)				
<input type="checkbox"/> Potential nonstructural hazards with significant threat to occupant life safety → Detailed Nonstructural Evaluation recommended				
<input type="checkbox"/> Nonstructural hazards identified with significant threat to occupant life safety → But no Detailed Nonstructural Evaluation required				
<input type="checkbox"/> Low or no nonstructural hazard threat to occupant life safety → No Detailed Nonstructural Evaluation required				

**Comments:**

## E PRESELECCIÓN DE CASOS DE ESTUDIO

Regiones más activas sísmicamente

Región	Total de epicentros en la región	Epicentro de Sismos con magnitud 8.0 o más
Antofagasta	14	2
Biobío	8	1 (Gravemente afectado por otros 2 sismos con epicentros cercanos)
Tarapacá	7	1
Atacama	6	0
Valparaíso	5	1
Los Lagos	4	1

Regiones con más establecimientos educacionales construidos entre los años 1937-1965 por la SCEE (Según registro de sus 50 años de labor)

Región	Número de establecimientos
Biobío	88
Maule	63
Metropolitana	57
O'Higgins	33
Valparaíso	29
Coquimbo	4
Atacama	3

## Regiones preseleccionadas con más ciudades en zona sísmica III según NCh433.Of96

Región	Bío Bío		Atacama	Valparaíso	
Zona III	Alto Bío Bío Arauco Bulnes Cabrero Cañete Chiguayante Chillán Chillán Viejo Cobquecura Coelemu Concepción Contulmo Coronel Curanilahue Florida Hualpén Hualqui Laja Lebu Los Alamos	Lota Nacimiento Negrete Ninhue Portezuelo Quillón Quirihue Ranquil San Carlos San Nicolás San Pedro de la Paz San Rosendo Santa Juana Talcahuano Tirúa Tomé Treguaco Yumbel Penco	Chañaral Caldera Copiapó (zona poniente) Huasco Freirina Alto del Carmen Vallenar	Algarrobo Cabildo Calera Cartagena Casablanca Catemu Concón El Quisco El Tabo Hijuelas La Cruz La Ligua Limache Llaylay Nogales Olmué Panquehue	Papudo Petorca Puchuncaví Putendo Quillota Quilpué Quintero Rinconada San Antonio San Felipe Santa María Santo Domingo Valparaíso Villa Alemana Viña del Mar Zapallar
Zona II	Antuco Coihueco El Carmen Los Angeles Mulchén Ñiquén Pinto Pemuco Quilaco Quilleco San Fabián San Ignacio Santa Bárbara Tucapel Yungay		Diego de Almagro Tierra Amarilla Copiapó (Zona oriente)	Calle Larga Los Andes San Esteban	
Zona I	-		-		

# F FORMULARIOS DE CONTROL

## LÍMITE NEGATIVO

MUY ALTA SISMICIDAD

0,6

$S_{(S_1+S_2)}$

Dirección:		Rol SII		Riesgos geológicos	Licuefacción <input type="checkbox"/> Si / No / S/I	Deslizamiento de tierra <input type="checkbox"/> Si / No / S/I	Ruptura de la superficie <input type="checkbox"/> Si / No / S/I
Otros identificadores				Proximidad	<input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo	<input checked="" type="checkbox"/> Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto	
Nombre de edificio				Irregularidades	<input checked="" type="checkbox"/> Vertical (tipo/gravedad)		
Zona sísmica según NCh433				En planta			
Latitud:		Longitud:		Riesgos exteriores de caída	<input type="checkbox"/> Chimeneas no reforzadas	<input type="checkbox"/> Revestimientos o voladizos pesados	
Terremotos que han afectado el inmueble:				<input type="checkbox"/> Salientes o elementos en voladizo			
Evaluador (s)				<input type="checkbox"/> Apéndices			
Fecha				<input type="checkbox"/> Otro (especificar)			
N° de pisos:		Año de construcción		Ocupación	Reunión	Comercial	Servicios de emergencia
Bajo suelo:		1956		Industria	Oficina	Educativa	Historico
Sobre suelo:		<input type="checkbox"/> EST		Servicios públicos	Bodega	Residencial	Albergue
Área por piso		Área total		Residencial número de unidades:			
Ampliaciones <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI, año de construcción:				Tipo de suelo (según NCh433)			
				<input type="checkbox"/> I roca <input type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input checked="" type="checkbox"/> III Grava o arena no tarurada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV			

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S <sub>L1</sub>															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (TU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	1.9	1.8	1.5	1.4	1.6	1.4	1.2	1.0	1.2	0.9	1.1	1.0	1.1	1.1	0.9
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-0.9	-0.9	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L1</sub>	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.6	-0.4	-0.4	-0.4	-0.5	-0.3	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3
Previo a norma 1957	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Posterior a norma 1972	1.9	2.0	1.0	1.1	1.1	1.5	N/A	1.4	1.7	N/A	1.5	1.7	1.6	1.6	N/A
Suelo tipo I o II	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.3	0.1
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	-0.2	0.0	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	N/A	-0.3	-0.1	-0.1	-0.3	-0.1	N/A	-0.1	-0.2	-0.2	0.0
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.2

Puntuación final, S<sub>L1</sub> ≥ S<sub>MIN</sub> -0.4 ; se considera S<sub>MIN</sub> = 0.3 y se aplica formulario L2

<b>Extensión de la revisión</b> Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input type="checkbox"/> Ingresó <input checked="" type="checkbox"/> Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: _____ Fuente de Riesgos geológicos: _____ Persona de contacto: _____		<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input checked="" type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL2 > corte, si se conoce) <input checked="" type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input checked="" type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input checked="" type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural		<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> SI, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input checked="" type="checkbox"/> SI, puntúa menos que el corte <input type="checkbox"/> SI, otros peligros presentes <input type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input checked="" type="checkbox"/> SI, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input type="checkbox"/> S/I <input type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales	
¿Se realizó evaluación del formulario L2? <input checked="" type="checkbox"/> SI, puntaje final L2, SL2 = 0.3 <input type="checkbox"/> No ¿Daños no estructurales? <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> No					

Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce

Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero

Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado.  
 Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado.  
 Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera.  
 Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera.  
 Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera.  
 Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares.  
 Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares.  
 Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado

**MUY ALTA SISMICIDAD**

Nombre del edificio:	Puntuación final nivel 1:		$S_{L1} =$	-0,4	(NO considerar S <sub>MIN</sub> )	
Examinador:	Modificadores de la irregularidad del nivel 1:		Irregularidad vertical, $V_{L1} =$	-0,7	Irregularidad en planta, $P_{L1} =$	
Fecha y hora:	AJUSTAR EL MARCADOR DE LÍNEA DE BASE:		$S' = (S_{L1} - V_{L1} - P_{L1}) =$	0,7	-0,4	
<b>MODIFICADORES ESTRUCTURALES PARA AÑADIR A LA PUNTUACIÓN BASE AJUSTADA</b>						
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, en cierre modificador de la columna "SI" en un círculo; de lo contrario tache el modificador.)			Si	Subtotales por	
Vertical Irregularidad, VL2	Sitio en pendiente	Edificio F1: Hay al menos un cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.		-0,9	$V_{L2} =$ -3,1 (Máx. -0,9)	
		Edificio no-F1: Hay cambio de nivel en un piso completo de un lado del edificio al otro.		-0,2		
	Piso blando o débil (máxima circulación)	Edificio F1 con paredes dañadas: En el espacio de observación se puede ver un muro dañado sin apuntalar.		-0,5		
		F1 garaje en edificación menor: debajo de un piso ocupado, hay una apertura de garaje sin un marco rígido de acero, y allí hay menos de 2.44m entre paredes paralelas(para varios pisos superiores ocupados, use 4.88m entre paredes mínimo).		-0,9		
		F1 edificio con frente abierto: se abren huecos en el piso a nivel de suelo (por ejemplo, para estacionamientos) sobre al menos el 50% de la longitud del edificio.		-0,9		
		Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es menos del 50% que en el piso superior o la altura de cualquier piso es más de 2.0 veces la altura del piso superior.		-0,7		
	Retroceso	Edificio no-F1: La longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% del que se encuentra en el piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior		-0,4		
		Los elementos verticales del sistema lateral en un piso superior son externos a los del piso inferior, generando un diafragma con voladizo en el desplazamiento.		-0,7		
		Los elementos verticales del sistema lateral en los pisos superiores están dentro de los de los pisos inferiores.		-0,4		
	Columna corta/pilar	Hay un desplazamiento en planta de los elementos laterales que es mayor que la longitud vertical de los elementos.		-0,2		
B1, B2, B3, I, H, C, D: Al menos el 20% de las columnas (o pilares) a lo largo de un eje de columnas en el sistema lateral tienen relaciones de altura /ancho inferiores al 50% de la relación de altura /ancho nominal en ese nivel.		-0,4				
Nivel dividido	B1, B2, B3, I, H, C, D: El espesor de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de los dinteles /vigas o hay paredes de relleno o pisos adyacentes que acortan la columna.		-0,4			
	Hay un nivel dividido en uno de los niveles de piso o en el techo.		-0,4			
	Otras irregularidades		-0,7			
Irregularidad en planta, PL2	Se observa otra irregularidad vertical severa que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.		-0,4			
	Se observa otra irregularidad vertical moderada que puede afectar el desempeño sísmico del edificio.		-0,4			
	Irregularidad torsional: El sistema Lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en uno o ambos sentidos. (No incluyen la irregularidad de fachada abierta de F1 mencionada.)		-0,5			
	Sistema no paralelo: Hay uno o más elementos verticales principales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.		-0,2			
	Esquina reentrante: Ambas proyecciones desde una esquina interior exceden el 25% de la dimensión de la planta general en esa dirección.		-0,2			
	La abertura del diafragma: Hay una abertura en el diafragma con un ancho de más del 50% del ancho total del diafragma en ese nivel.		-0,2			
Redundancia	B1, B2 desplazamiento fuera del plano del edificio: las vigas exteriores no se alinean con las columnas en planta		-0,2			
	Otra irregularidad: hay otra irregularidad observable en planta que evidentemente afecta el desempeño sísmico del edificio.		-0,5			
Redundancia	El edificio tiene por lo menos dos tramos de elementos verticales (marcos rígidos) a cada lado del edificio en cada dirección.		+ 0,2	$M =$ -0,9		
Golpeteo	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos de 1,5% de la altura más corta de la estructura o edificio adyacente, y:		-0,7			
	Los pisos no se alinean verticalmente por 0.61m.		-0,7			
	Uno de los edificios es 2 o más pisos más altos que el otro.		-0,7			
Construcción A2	El edificio está en el extremo del bloque.		-0,4			
	"K" refuerzo geométrico (arriostramientos diagonales) es visible.		-0,7			
Construcción B1	La placa plana (entramado horizontal) sirve como viga en el marco rígido.		-0,3			
Construcción I/C	Hay uniones de los tirantes de techo a la pared que son visibles o identificables en los planos, que no dependen de la ruptura por flexión. (No combinar con modificaciones o refuerzos posteriores).		+ 0,2			
Construcción I/C	El edificio tiene paredes interiores estrechamente espaciados (muy compartimentado) y de altura completa ( en lugar de un espacio interior con pocas paredes, como en un almacén)		+ 0,2			
F2	Las paredes del frontón están presentes.		-0,3			
Refuerzo	Refuerzo sísmico integral es visible o conocido en planos.		+1,2			
<b>Puntuación FINAL nivel 2, <math>S_{L2} = (S' + V_{L2} + P_{L2} + M) \geq S_{MIN}</math> :</b>				-1,8	Se considera $S_{MIN} = 0,3$ (transferir al formulario L1)	
Hay daños observables, deterioro u otro trastorno que afecte negativamente el desempeño sísmico del edificio:				<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentario debajo e indicar en el formulario de nivel 1 que la evaluación detallada es necesaria independiente de la puntuación del edificio.						
<b>PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES</b>						
Ubicación	Declaración ( Compruebe "SI" o "No")			Si	No	Comentarios
Exterior	Hay un voladizo de mampostería no reforzada sin soporte o una chimenea de albañilería no reforzada sin soporte.					
	Existe revestimiento pesado o enchapado pesado.					
	Existe un dosel pesado sobre puertas de salida o paseos peatonales que parece inadecuadamente soportado.					
	Hay un apéndice de albañilería no reforzada sobre puertas de salida o paseos peatonales.					
	Hay un cartel en el edificio indicando que materiales peligrosos están presentes.					
	Existe un edificio adyacente más alto con un muro tipo D sin anclar o un parapeto tipo D o una chimenea sin sujetar.					
Interior	Otras observaciones de peligro de caída exterior no estructural:					
	En cualquier escalera o corredor de salida hay particiones de baldosas o ladrillos de arcilla hueca					
Otras observaciones de peligro de caída interior no estructural:						
<b>Estimado no estructural desempeño sísmico</b> (Comprobar casilla y transferir a las conclusiones del formulario L1)						
<input checked="" type="checkbox"/>		Peligros no estructurales con una amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		Se recomienda una evaluación no estructural detallada		
<input type="checkbox"/>		Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes		pero no requiere una evaluación no estructural detallada		
<input type="checkbox"/>		poca o ninguna amenaza de peligro de no estructural para seguridad de la vida de los ocupantes		No requiere evaluación no estructural detallada		

LÍMITE POSITIVO

2,6  
S (S<sub>L1</sub> + S<sub>L2</sub>)

SISMICIDAD MEDIA-ALTA

Dirección:		Riesgos geológicos		Licuefacción	Si/No/S/I	Deslizamiento de tierra	Si/No/S/I	Ruptura de la superficie	Si/No/S/I	
Otros identificadores		Proximidad		<input type="checkbox"/>	Golpeteo	<input type="checkbox"/>	Peligro de caída proveniente de un edificio adyacente más alto			
Nombre de edificio		Irregularidades		<input type="checkbox"/>	Vertical (tipo/gravedad)					
Zona sísmica según NCh433		Riesgos exteriores de caída		<input type="checkbox"/>	Chimeneas no reforzadas	<input type="checkbox"/>	Revestimientos o voladizos pesados			
Latitud:		Longitud:		<input type="checkbox"/>	Salientes o elementos en voladizo	<input type="checkbox"/>	Apéndices			
Terremotos que han afectado el inmueble:		Ocupación		<input type="checkbox"/>	Otro (especificar)					
Evaluador (s)		Fecha		<input type="checkbox"/>	Reunión	<input type="checkbox"/>	Comercial	<input type="checkbox"/>	Servicios de emergencia	
N° de pisos:		Año de construcción		1965	<input type="checkbox"/>	Industria	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input checked="" type="checkbox"/>	Educacional
Bajo suelo:		Sobre suelo:		<input type="checkbox"/>	Servicios públicos	<input type="checkbox"/>	Bodega	<input type="checkbox"/>	Residencial, número de unidades:	
Área por piso		Área total								
Ampliaciones		EST								
<input type="checkbox"/> NO		<input type="checkbox"/> Sí, año de construcción:								
				Tipo de suelo (según NCh433)						
				<input type="checkbox"/> I roca <input checked="" type="checkbox"/> II Grava densa o arena densa <input type="checkbox"/> III Grava o arena no tarugada <input type="checkbox"/> IV Suelo pobre <input type="checkbox"/> S/I Si se desconoce, se asume Tipo IV						

Puntuación básica, modificadores y puntuación final nivel 1, S <sub>L1</sub>															
TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C.	F1	E	A1 (MR)	A2 (MAD)	G (ML)	A3 (MAM)	A4 (AS)	B1 (MR)	B2 (MAM)	B3 (AS)	I (RU)	H	C	D	F2 (AS)
Puntuación base	3.7	3.2	2.3	2.2	2.9	2.2	2.0	1.7	2.1	1.4	1.8	1.5	1.8	1.8	1.2
Irregularidad Vertical Severa, V <sub>L1</sub>	-1.3	-1.3	-1.1	-1.0	-1.2	-1.0	-0.9	-1.0	-1.1	-0.8	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-0.8
Irregularidad Vertical Moderada, V <sub>L2</sub>	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5
Irregularidad en planta, P <sub>L1</sub>	-1.2	-1.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.8	-0.7	-0.7	-0.9	-0.6	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5
Previo a norma 1957	-0.9	-0.9	-0.5	-0.5	-0.7	-0.6	-0.2	-0.4	-0.7	-0.1	-0.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.1
Posterior a norma 1972	1.9	2.3	1.4	1.4	1.0	1.9	N/A	1.9	2.1	N/A	2.1	2.4	2.1	2.1	N/A
Suelo tipo I o II	0.6	0.9	0.6	0.9	0.3	0.9	0.9	0.6	0.8	0.7	0.9	0.7	0.8	0.8	0.6
Suelo tipo III (1-3 pisos)	-0.1	-0.3	-0.4	-0.5	0.0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-0.4	-0.5	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3
Suelo tipo III (> 3 pisos) o IV	-0.8	-1.2	-0.7	-0.7	N/A	-0.7	-0.6	-0.6	-0.8	-0.4	N/A	-0.5	-0.6	-0.7	-0.3
Puntaje mínimo, S <sub>MIN</sub>	1.2	0.8	0.5	0.5	0.9	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2

PUNTAJE FINAL, S<sub>L1</sub> >= S<sub>MIN</sub> 2,6 ; por lo tanto, no se aplica formulario L2

<b>Extensión de la revisión</b> Exterior <input type="checkbox"/> Parcial <input checked="" type="checkbox"/> Todos los lados <input type="checkbox"/> Aéreo <input type="checkbox"/> Interior <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Visible <input checked="" type="checkbox"/> Ingresó Planos revisados <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Fuente del tipo de suelo: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Fuente de Riesgos geológicos: Mapa de respuesta sísmica por SERNAGEOMIN Persona de contacto: _____		<b>Otros riesgos</b> ¿Hay riesgos que exijan una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Golpeteo potencial (A menos que SL2 > corte, si se conoce) <input type="checkbox"/> Peligros de caída del edificio adyacente más alto <input type="checkbox"/> Riesgos geológicos o tipo de suelo IV <input type="checkbox"/> Daño/deterioro significativo al sistema estructural		<b>Acción requerida</b> ¿Se requiere una evaluación estructural detallada? <input type="checkbox"/> Sí, tipo de edificio desconocido u otro edificio <input type="checkbox"/> Sí, puntúa menos que el mínimo <input type="checkbox"/> Sí, otros peligros presentes <input checked="" type="checkbox"/> No ¿Se recomienda evaluación no estructural? (Marcar uno) <input type="checkbox"/> Sí, se identificaron riesgos no estructurales, que deben ser evaluados. <input type="checkbox"/> No, existen riesgos no estructurales que pueden requerir mitigación, pero no necesariamente una evaluación no estructural detallada. <input checked="" type="checkbox"/> No, no se identificaron peligros no estructurales <input type="checkbox"/> S/I	
¿Se realizó evaluación del formulario L2? <input type="checkbox"/> Sí, puntaje final L2, SL2 = <input type="checkbox"/> No ¿Daños no estructurales? <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No		Cuando la información no pueda ser verificada, el evaluador debe tener en cuenta lo siguiente: EST = Datos estimados o no confiables o S/I = Sin información o se desconoce			

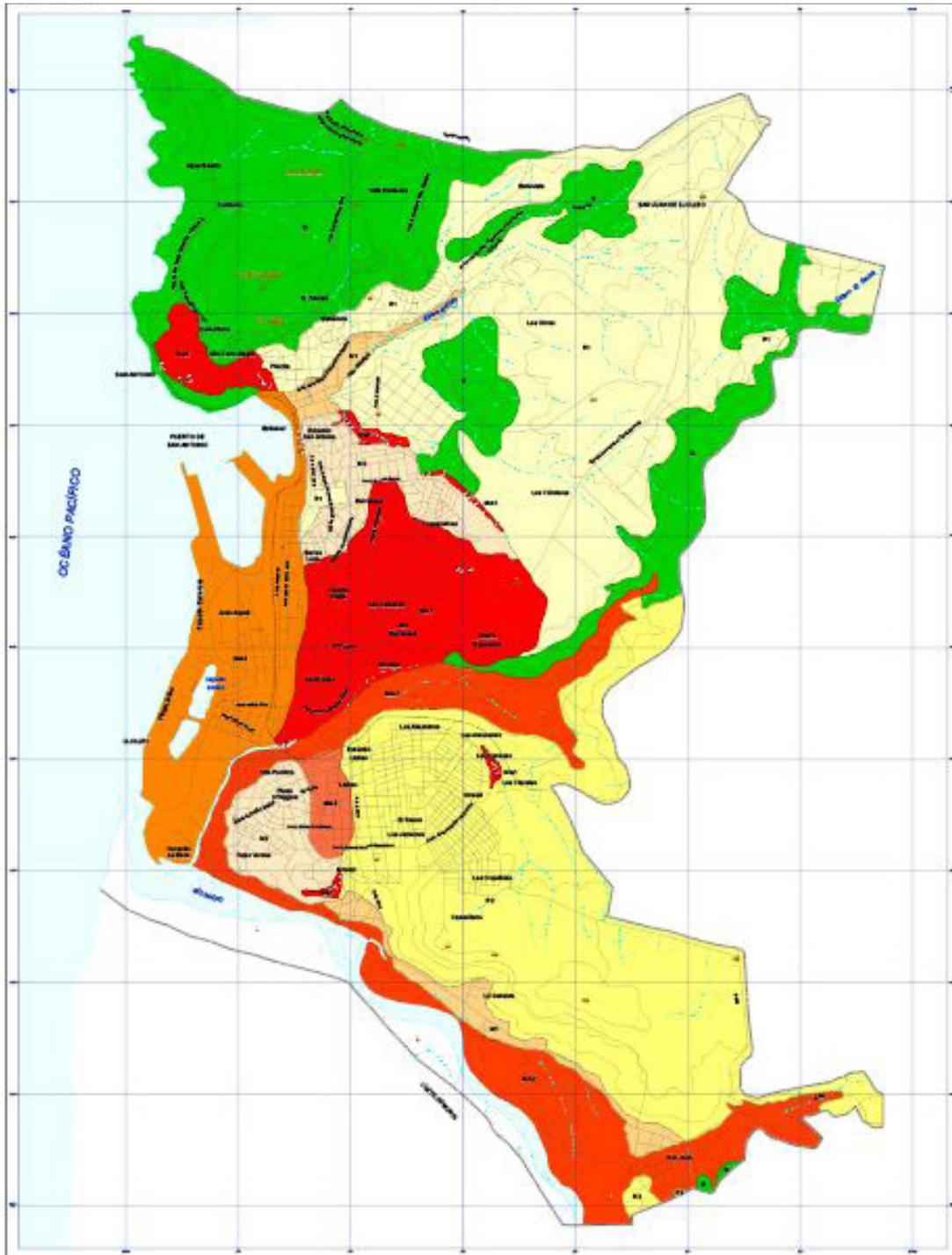
Leyenda: MR= Marco Rígido MAM= Marco arriostrado con muros AS = Albañilería Simple o no reforzada CP= Construcción prefabricada  
 MAD = Marco arriostrado con diagonales AC = Albañilería Confinada TU = Tilt Up Sistema de Muros de Hormigón prefabricados y levantados in situ ML = Metal ligero

TIPO DE EDIFICIO SEGÚN O.G.U.C. Clase A: Construcciones con estructura soportante de acero. Entrepisos de perfiles de acero o losas de hormigón armado. Clase B: Construcciones con estructura soportante de hormigón armado o con estructura mixta de acero con hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado. Clase C: Construcciones con muros soportantes de albañilería de ladrillo confinado entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase D: Construcciones con muros soportantes de albañilería de bloques o de piedra, confinados entre pilares y cadenas de hormigón armado. Entrepisos de losas de hormigón armado o entramados de madera. Clase E: Construcciones con estructura soportante de madera. Paneles de madera, de fibrocemento, de yesocartón o similares, incluidas las tabiquerías de adobe. Entrepisos de madera. Clase F: Construcciones de adobe, tierra cemento u otros materiales livianos aglomerados con cemento. Entrepisos de madera. Clase G: Construcciones prefabricadas con estructura metálica. Paneles de madera, prefabricados de hormigón, yeso cartón o similares. Clase H: Construcciones prefabricadas de madera. Paneles de madera, yesocartón, fibrocemento o similares. Clase I: Construcciones de placas o paneles prefabricados. Paneles de hormigón liviano, fibrocemento o paneles de poliestireno entre malla de acero para recibir mortero proyectado
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



# G DETALLES DE MAPAS SERNAGEOMIN

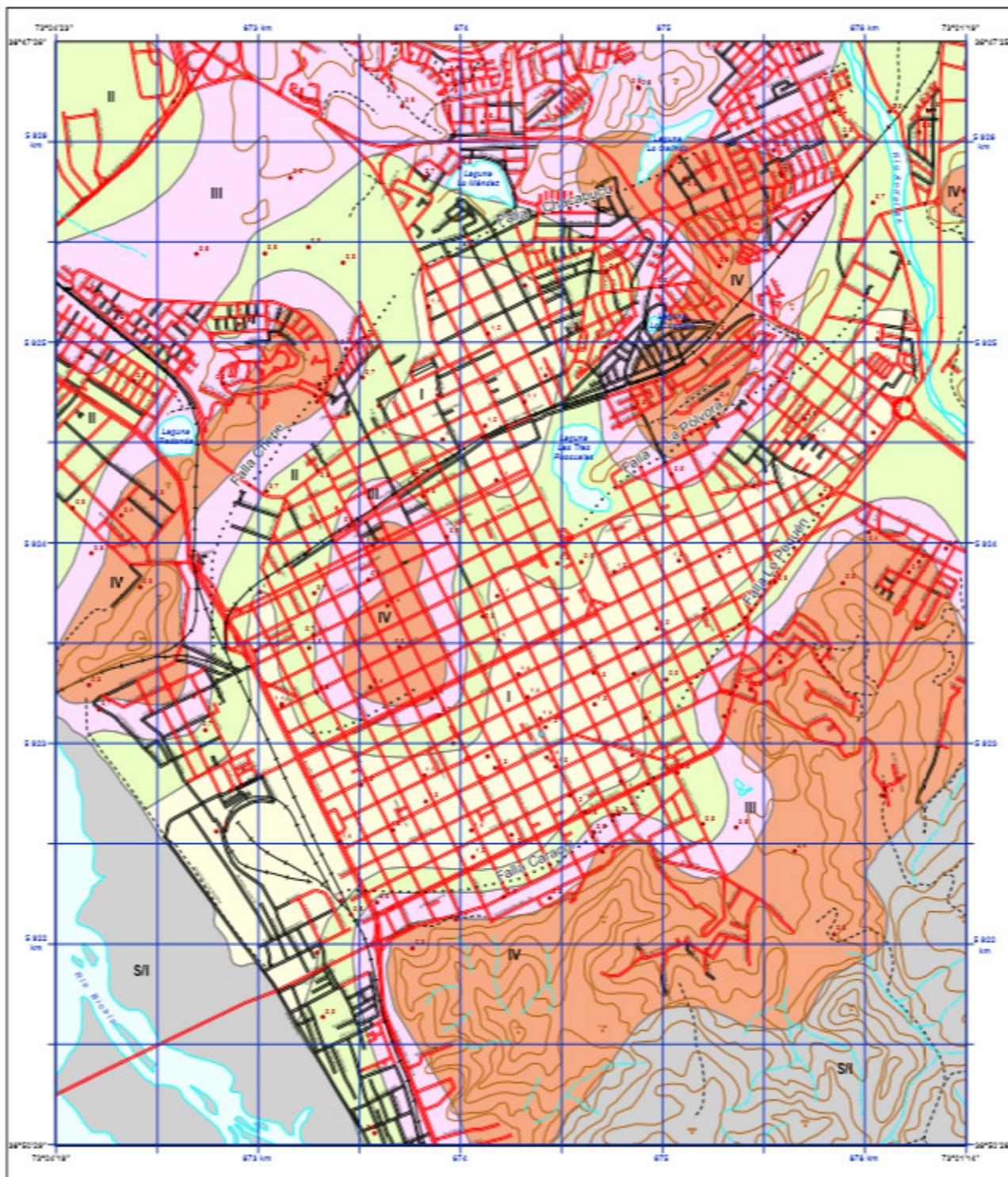
RESPUESTA SÍSMICA DE LA PROVINCIA DE SAN ANTONIO



## L E Y E N D A

RESPUESTA SÍSMICA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES GEOLÓGICAS	RECOMENDACIONES
<b>Mm1</b> 	Muy mala 1 Abundantes daños severos, que incluyen edificios (viviendas sociales) de 5 pisos, grietas y remociones en masa.	Depósitos Eólicos Subactuales, fundamentalmente arenas de hasta 15 m de espesor y localmente en taludes sin confinamiento y con rellenos antrópicos y Formación Navidad.	Estudios de mecánica de suelo hasta reconocer certeramente rocas competentes. Estabilizar taludes para confinarlos y reducir peligro de remoción en masa por lluvias torrenciales.
<b>Mm2</b> 	Muy mala 2 Abundantes daños severos, que incluyen puentes y pasarelas, principalmente con grietas de hasta 1 m de ancho, por licuefacción de riberas (naturales y antrópicas).	Depósitos Aluviales y Fluviales asociados a los rellenos y terrazas del estero El Sauce y río Maipo.	Estudios de mecánica de suelo. Confinamiento de cabeceras de puentes y pasarelas. Control del nivel de aguas subterráneas que inducen fenómenos de licuefacción.
<b>Mm3</b> 	Muy mala 3 Abundantes daños severos que incluyen edificios públicos y privados de hasta 6 pisos y casas con pilares y cadenas.	Depósitos de arcillas y arenas limosas con espesores que sobrepasan los 20 m.	Estudios de mecánica de suelo hasta reconocer certeramente rocas competentes. Control del nivel de aguas subterráneas que inducen fenómenos de licuefacción.
<b>Mm4</b> 	Muy mala 4 Daños severos con grietas por licuefacción de riberas (antrópicas).	Depósitos Litorales, Eólicos Actuales y antrópicos.	La condición de rellenos antrópicos y depósitos litorales de baja compactación y cercanía de nivel del mar, induce una alta vulnerabilidad por licuefacción.
<b>M1</b> 	Mala 1 Abundantes daños de consideración y severos.	Depósitos Aluviales y Fluviales asociados a los rellenos y terrazas del estero Arévalo (hasta 16 m) y río Maipo, además de depósitos de las laderas de éstos.	Estudios de mecánica de suelo hasta reconocer certeramente rocas competentes de la Formación Navidad y/o basamento y nivel de aguas subterráneas que pudieran inducir fenómenos de licuefacción.
<b>M2</b> 	Mala 2 Abundantes daños de consideración y severos.	Depósitos Eólicos Subactuales, fundamentalmente arenas de hasta 15 m de espesor.	Estudios de mecánica de suelo hasta reconocer certeramente rocas competentes de la Formación Navidad y/o basamento y nivel de aguas subterráneas que pudieran inducir fenómenos de licuefacción y remoción en masa por falta de confinamiento.
<b>R1</b> 	Regular 1 Abundantes daños de consideración y algunos daños severos irre recuperables en construcciones bajas.	Formación Navidad, con desarrollo de suelos areno-arcillosos que, localmente, sobrepasan los 10 m de espesor.	Estudios de mecánica de suelo en sectores de mayor desarrollo de suelos, hasta reconocer certeramente rocas competentes de la Formación Navidad, basamento y eventual presencia de agua subterránea. Favorable como zona de expansión urbana, condicionada en zonas con pendiente.
<b>R2</b> 	Regular 2 Abundantes daños de consideración que incluyen grietas entre ladrillos de muros de albañilería en edificios (viviendas sociales) de 4 pisos y algunos daños severos irre recuperables en casas.	Basamento Intrusivo, con desarrollo de suelos de maicillo y arcillosos de 3 o más metros de espesor.	Estudios de mecánica de suelo simples en sectores de mayor desarrollo de suelos, hasta reconocer, certeramente, el basamento y eventual presencia de agua subterránea. Favorable como zona de expansión urbana, condicionada en zonas con pendiente.
<b>B</b> 	Buena Escasos daños reportados. Buena respuesta de edificios (inmobiliarias) de 5 pisos bien cimentados. Por el tipo de suelo en basamento, se infiere la misma respuesta en amplios sectores sin construcción.	Basamento Intrusivo-Metamórfico, con desarrollo de suelos de maicillo y arcillosos de hasta 3 m de espesor.	Estudios de mecánica de suelos simples en sectores de mayor desarrollo de suelos, hasta reconocer, certeramente, el basamento y eventual presencia de agua subterránea. Favorable como zona de expansión urbana.

## MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN



## LEYENDA MAPA 3

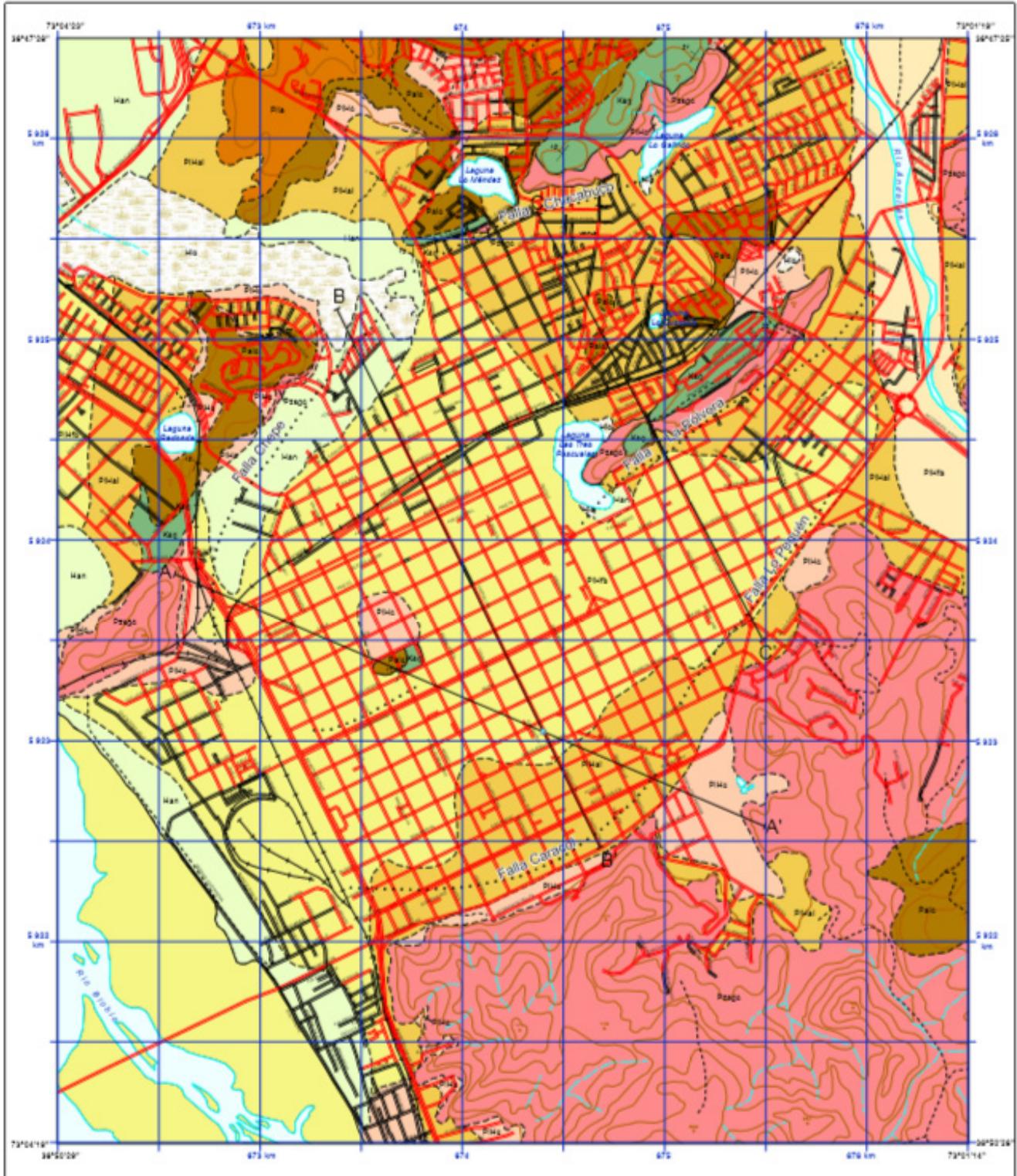
### MAPA DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Se presenta el mapa de Microzonificación Sísmica correspondiente al casco urbano de la ciudad de Concepción. El principal factor utilizado para identificar las distintas zonas fue el análisis de microtrepidaciones, debido a la buena correlación que estos registros tienen con las condiciones geológicas, morfológicas y geotécnicas del suelo, que se muestran en los mapas 1 y 2. Se reconocen cuatro zonas, que muestran períodos predominantes con valores bajos en los afloramientos rocosos y con valores relativamente altos en las zonas conformadas por suelos de origen fluvial y aluvial, con distintos grados de compactación. Los límites de los polígonos que representan las zonas son producto de cálculos numéricos, por lo tanto, la delimitación de su trayectoria tiene asociada una fuente de incerteza.

Las zonas mencionadas anteriormente se describen a continuación:

- Zona I**
- 
- Corresponde al subsuelo de la mayor parte del casco urbano, y está formada principalmente por arenas limosas, intercalada con limos, de los depósitos fluviales del río Biobío, y por depósitos de origen eólico hacia el NE; hacia el sur muestra un aumento en contenido de limos, con una potencia media del relleno sedimentario entre 50 y 130 m. La mayoría de estos suelos clasifican como suelos tipo III, de acuerdo a la norma NCh 433.Of98 (INN, 2005), con excepción de los sectores identificados en el mapa 1 como Han, Hlo, PIHc y PIHfa, que clasifican como suelos tipo IV. Según se muestra en la figura 1, la velocidad de propagación de ondas de corte ( $V_s$ ) en el perfil de suelos del 'Pozo 1', es menor a 400 m/s hasta aproximadamente 80 m de profundidad (Poblete, 1997). Los valores de períodos predominantes obtenidos en esta zona se encuentran en el rango de 1,0 a 1,3 s, y la amplitud (relativa) de la relación espectral  $H/V$  entre 0 y 20 Hz se encuentra entre 0 y 8. De acuerdo a la información de la estación sísmológica análoga Kinemetrics SMA-1 en campo libre, perteneciente a la Red Nacional de Acelerógrafos de la Universidad de Chile ubicada en Anibal Pinto 430 (UTM 5.922.780 N, 674.280 E), entre las calles San Martín y Av. Libertador Bernardo O'Higgins, las aceleraciones máximas registradas (sin corregir) para el terremoto del 27 de febrero de 2010 son: Azimut (ángulo entre el norte y el sentido longitudinal del equipo) 60°, longitudinal 420  $\text{cm/s}^2$ , transversal 284  $\text{cm/s}^2$  y vertical 398  $\text{cm/s}^2$  (Boroschek et al., 2010).
- Zona II**
- 
- Predominan los depósitos fluviales de los ríos Biobío y Andalién, formados por arenas finas a medias con abundante limo, intercaladas con niveles de arcillas y limos de origen coluvial, los que, en algunos casos, están cubiertos por rellenos antrópicos o zonas de humedales. Estos depósitos tienen una profundidad media de 50 m, siendo más someros en el valle del río Andalién. La mayoría de estos suelos clasifican como suelos tipo III, de acuerdo a la norma NCh 433.Of98, con excepción de los sectores identificados en el mapa 1 como Han, Hlo, PIHc y PIHfa, que clasifican como suelos tipo IV. El período predominante varía de 0,7 a 1,0 s, y la amplitud relativa encontrada varía de 3 a 8.
- Zona III**
- 
- Corresponde a afloramientos rocosos y suelos arcillosos, formados por meteorización de rocas sedimentarias en cerros con alturas máximas cercanas a los 100 m s.n.m.; a depósitos coluviales en el pie de laderas, intercaladas con arenas fluviales y eólicas con abundantes limos, y en áreas más restringidas, a suelos de origen antrópico y humedales. Según la norma NCh 433.Of98 (ver leyenda mapa 1), los suelos cercanos a roca sana clasifican como tipo I, mientras que los sectores de arenas limosas de origen eólico y fluvial (PIHa) y PIHfb) son del tipo III, y los depósitos identificados en el mapa 1 como Han, Hlo, PIHc y PIHfa, clasifican como suelos tipo IV. El período predominante en esta zona varía desde 0,5 y 0,7 s, y la amplitud relativa encontrada varía de 3 a 8.
- Zona IV**
- 
- Formado por roca granítica y sedimentaria fuertemente meteorizada, ubicada en las zonas altas topográficamente, con alturas máximas superiores a los 200 m s.n.m., y depósitos coluviales depositados al pie de laderas; estos últimos depósitos están compuestos principalmente de arcillas y limos, formados por meteorización química y física de las rocas originales. De acuerdo a la norma NCh 433. Of98, estos suelos se clasifican como tipo I cuando corresponde a roca meteorizada "in situ", y tipo III si corresponde a depósitos coluviales. La zona IV tiene los períodos predominantes más cortos de la zona de estudio, los cuales varían de 0,3 a 0,5 s. La amplitud relativa es variable, con valores cercanos a 8 en taludes de pendientes mayores a 35° y laderas con rocas fuertemente meteorizadas; amplitudes de 3 a 4 se presentan en sectores puntuales con depósitos de coluvio granítico, y de 1 a 3 en zonas de roca más competente.
- Zona SII**
- 
- Corresponde a depósitos fluviales de arenas del río Biobío, que cubren sectores de profundidad variable en el lecho actual del río; en la parte SE del mapa, corresponde a cerros conformados por roca granítica y sedimentaria, donde no se dispone de registros de períodos predominantes.

## GEOLOGÍA Y SUELOS DE FUNDACIÓN DE LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN



# LEYENDA MAPA 1

## MAPA GEOLÓGICO Y SUELOS DE FUNDACIÓN

Muestra la distribución superficial de las principales unidades geológicas y sus características. Además se incluye información referente a la disposición estratigráfica de las rocas sedimentarias, relaciones de contacto y estructuras mayores. El trabajo de campo para la realización de la cartografía geológica se efectuó entre los años 2006 a 2008, a escala 1:10.000, sobre la base topográfica del IGM. El reconocimiento de los depósitos sedimentarios y de relleno artificial se obtuvo a partir de la revisión de sondeos existentes, cuyas profundidades medias permitieron caracterizar en detalle estos depósitos en los primeros 12 m del subsuelo.

Los distintos tipos de suelos fueron clasificados aplicando la norma internacional de la American Society for Testing and Materials (ASTM, 1985) y la actual Norma Chilena Oficial de Diseño Sísmico de Edificios - NCh 433.Of96 (INN, 2005). Los resultados se muestran en la tabla siguiente:

Unidades geológicas	Características como suelo de fundación	Clasificación del Suelo	
		U.S.C.S. (ASTM, 1985)	NCh 433.Of96 (INN, 2005)
<b>Depósitos no consolidados</b>			
<b>Han</b> 	<b>Depósitos antrópicos (Holoceno)</b> Composición y espesores muy variables. Contienen, entre otros materiales, arenas, limos, arcillas, escombros, basura, restos orgánicos y escombras de fundición. Los espesores van desde 1 m hasta 12 m en algunos terraplenes de calles.	Muy malas. En general, posee alta compresibilidad debido al contenido de materia orgánica y escasa compactación. Los más desfavorables como suelos de fundación son los ubicados sobre antiguas áreas pantanosas, donde además se presentan mal drenados.	Ninguna III y IV
<b>Hlo</b> 	<b>Humedales y vegas (Holoceno)</b> Depósitos de pantanos y fluviales recientes. Corresponden a arcillas, limos y arenas finas, a muy finas, con alto contenido de materia orgánica. Originados por obturación del drenaje en zonas topográficamente deprimidas o en antiguos cursos de inundación del río Biobío.	Malas. Muy alta compresibilidad y baja consistencia. La abundancia de arcillas y limos orgánicos, de distribución variable los hace potencialmente agresores del hierro y hormigón en estructuras enterradas. Poca estabilidad de taludes. Baja permeabilidad, en especial donde existe un mayor contenido de arcilla.	Pt, SM, SC, ML, CL, CH, OH, OL IV
<b>PIHal</b> 	<b>Arenas con bastante limo (Pleistoceno-Holoceno)</b> Depósitos eólicos de dunas y depósitos coluviales, formados por arenas finas a medias, sin cementación, con limos subordinados. En general, en áreas próximas a laderas, se incrementa el contenido de limos y arcillas.	Como suelos de fundación presenta características desfavorables, debido a la excesiva cantidad de poros y puede ser muy variable en sus características tanto horizontal como verticalmente. Presenta poca estabilidad de taludes y tendencia a ser fácilmente erosionado por el agua y el viento.	SP, SM, ML, CL III
<b>PIHfa</b> 	<b>Depósitos fluviales del río Andalién (Pleistoceno-Holoceno)</b> Arenas limosas y arcillosas, pobremente seleccionadas. Compuestas principalmente por cuarzo, feldespato y liticos plutónicos, que constituyen arenas subarcóicas, interestratificadas en el pie de laderas, con depósitos coluviales.	Como suelo de fundación es compresible, particularmente donde está asociado a material coluvial. De permeabilidad moderada, en partes sobreyace a depósitos del río Biobío (PIHfb).	SM, SC, ML, MH, CL IV
<b>PIHfb</b> 	<b>Depósitos fluviales del río Biobío (Pleistoceno-Holoceno)</b> Contiene arenas desde muy fina a gruesa, con algo de limo, buena selección, subredondeadas. Material detrítico de origen volcánico y composición predominantemente andesítica-basáltica, interestratificadas en el pie de laderas, con depósitos coluviales.	Suelos con buena capacidad de soporte, compresibilidad normal y grado de compactación medio. La estabilidad de taludes es baja.	SP, SM III
<b>PIHc</b> 	<b>Depósitos coluviales (Pleistoceno-Holoceno)</b> Principalmente arcillas y limos, con algo de arenas finas a medias, originados de la meteorización de rocas sedimentarias e intrusivas.	Los materiales finos de las combinaciones areno-limosas y areno-arcillosas, presentan plasticidad que varía de alta a baja. Muy alta compresibilidad en los niveles superiores. La estabilidad de taludes es baja.	CL, CH IV
<b>Rocas sedimentarias</b>			
<b>Plia</b> 	<b>Formación Andalién (Plioceno?)</b> Areniscas, arcillolitas conglomerádicas y conglomerados polimícticos, con clastos de filitas, esquistos micáceos, cuarcitas y rocas ígneas.	Las rocas sedimentarias (Plia, Palc y Ksq) muestran buenas características como suelo de fundación. En general, se presentan moderada a completamente meteorizadas y descompuestas a arcillas hasta unos 10 m de profundidad. La roca meteorizada tiene abundante limo y arcillas, de alta y baja plasticidad, consistencia baja. Para la excavación de taludes debe considerarse el grado de meteorización, sistemas de fracturas y carácter de la estratificación. El suelo arcilloso con restos orgánicos que cubre la unidad, es muy susceptible a deslizarse.	En roca meteorizada CH, MH, CL y SC, OH en el suelo arcilloso vegetal. I (roca sana), III (roca meteorizada)
<b>Palc</b> 	<b>Formación Curanilahue (Paleoceno superior-Eoceno inferior)</b> Areniscas, arcosas líticas y lutitas, intercaladas con mantos de carbón y niveles conglomerádicos.		
<b>Ksq</b> 	<b>Formación Quiriquina (Maastrichtiano)</b> Areniscas, conglomerados y calciruditas fosilíferas, con cemento calcáreo y niveles de concreciones.		
<b>Rocas Plutónicas</b>			
<b>Pzsgc</b> 	<b>Granitoides de Concepción (Paleozoico Superior)</b> Tonalitas, granodioritas y granitos subordinados. En general, los afloramientos se observan completamente meteorizados, y los feldespatos descompuestos a arcillas y limos.	El suelo residual, denominado maicillo, puede tener hasta 20 m de potencia. En taludes menores a 10° es suelo muy denso y resiste fuertes presiones verticales. En pendientes fuertes, es fácilmente arrastrado por el agua corriente y susceptible a la generación de cárcavas por erosión hídrica, junto a fenómenos de remoción en masa del tipo flujo de barro y deslizamientos rotacionales.	Maicillo corresponde a suelo SM, con finos ML y en sectores completamente reemplazados OL y ML. I

### Evolución Geológica

La evolución geológica de la cordillera de la Costa de la región del Biobío ha estado marcada por sucesivos eventos tectónicos asociados a subducción desde el Paleozoico Superior (300 Ma). Por una parte las unidades más antiguas del área corresponden a rocas intrusivas y metamórficas del Carbonífero-Pérmico, las cuales forman el núcleo de la cordillera de Nahuelbuta. Las secuencias sedimentarias que se encuentran tanto en la península de Arauco como en la provincia de Concepción representan la actividad de cuencas sedimentarias marinas y continentales a partir del Cretácico Superior al Pleistoceno. Largos períodos de sedimentación y deformación asociada a extensión habrían ocurrido entre el Cretácico y el Mioceno. A partir del Plioceno tardío, comenzó un período de compresión que en el antearco de Arauco se manifestó como sedimentación y progresivo alzamiento de la cordillera de Nahuelbuta y la península de Arauco e incluyó alzamiento de terrazas marinas y actividad de fallas inversas (Bangs y Cande, 1997; Lavenu y Cembrano, 1999; Melnick *et al.*, 2009). Específicamente en el área de Concepción, la geología está determinada por la presencia de cerros isla, conformados por un basamento de rocas intrusivas de edad carbonífera (Lucassen *et al.*, 2004), cubiertas por rocas sedimentarias del Cretácico al Plioceno (Galli, 1967). La disposición geométrica y topográfica de estos cerros isla ha permitido inferir la presencia de fallas que limitan estos bloques, y determinan la posición de cuencas sedimentarias en las cuales se ha depositado un espesor importante de sedimentos, principalmente arenas fluviales del río Biobío. En los perfiles gravimétricos (A-A', B-B' y C-C') que muestran la morfología de la cuenca, se observa una importante erosión de algunos escarpes de fallas, lo cual indica un prolongado período de inactividad. Además, en superficie no se han observado indicadores que permitan confirmar que estas estructuras cortan a los depósitos no consolidados.

