UNIVERSIDAD ACADEMIA HUMANISMO CRISTIANO
ESCUELA DE ANTROPOLOGÍA, GEOGRAFÍA E HISTORIA

Impacto del riesgo sísmico de la población en la falla San Ramón:

Un análisis de vulnerabilidad educativa en la comuna de Peñalolén, Chile.

Nombre de autoras/es: Bárbara Francisca Carbonell Isamit

Nombre profesor/a guía: Alejandra Diaz Milla

Seminario de Grado II para optar al grado de Licenciada en Geografía

Santiago,2025

Dedicación

A mi querida madre, Susana Isamit, por ser el pilar que me sostuvo y acompañó en esta etapa de mi vida.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me acompañaron en este proceso de formación. Han sido seis años intensos, en los que aprendí la importancia de la perseverancia como camino para alcanzar las metas y los sueños que uno se propone. Fueron noches y días sin dormir, llenos de angustias, risas, estrés y un sinfín de emociones. Al mirar hacia atrás, recuerdo cuando recién iniciaba este camino y me decía: *"Bárbara, algún día lograrás ser profesional"*. Hoy, con orgullo y gratitud, puedo afirmar que lo logré; costó, pero lo logré.

Principalmente, agradezco a mi madre, Susana Isamit, por nunca soltar mi mano, por estar siempre a mi lado, tranquilizarme y apoyarme en cada risa y cada lágrima. Muchas Gracias, mamá, por ser la mejor madre del mundo, por enseñarme a ser una guerrera en esta vida y a nunca bajar los brazos.

Agradezco también a mi esposo, Pierre Bobadilla, cuyo apoyo fue fundamental para alcanzar mis objetivos. Estuvo conmigo en las noches sin dormir, acompañándome, buscando cómo ayudarme para que no colapsara. Gracias, amor de mi vida, por tu paciencia y tu compañía incondicional.

Quiero reconocer a mis profesores Yohann Videla y Gabriela Hermosilla, quienes aportaron con su conocimiento y dedicación a mi formación. Asimismo, expreso mi gratitud a mi profesora guía, Alejandra Díaz, por su paciencia, disposición para orientarme cada vez que lo necesité y su cariño incondicional.

De manera muy especial, agradezco a la profesora Pilar González, quien fue un ejemplo a seguir. Sus consejos, las conversaciones en los recesos y su constante disposición para enseñarme me dieron la seguridad de que sí podía lograrlo y que era capaz. De todo corazón, muchas gracias.

Agradezco profundamente a mis dos grandes amigos, Benjamín Gaete y Leonidas Avalos, con quienes compartí toda la carrera. Juntos enfrentamos largas jornadas de estudio y trabajos que se extendieron hasta las cuatro de la madrugada, pero en medio del cansancio nunca faltaron las risas y la compañía sincera. Gracias por estar presentes en este camino y hacerlo más llevadero y significativo.

Estos años de formación fueron fundamentales para aprender una disciplina que anhelaba desde pequeña, cuando recorría los pasillos de mi casa con un atlas del mundo en las manos y me cuestionaba tantas cosas. Hoy, ese sueño se ha convertido en realidad.

Índice General:

CAPÍTULO I. MARCO INTRODUCTORIO 1
1.1. Antecedentes Generales 1
1.2. Planteamiento del Problema 9
1.3. Pregunta de Investigación 11
1.4. Objetivos 11
1.4.1. Objetivo General 11
1.4.2. Objetivos Específicos 12
1.5. Hipótesis 12
1.6. Relevancia de la Investigación 12
1.7. Justificación del área de estudio 13
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 17
2.1 Introducción al riesgo de desastres: 17
2.1.1. Definición y alcance del riesgo de desastre 17
2.1.2. Importancia de la gestión de riesgo en la prevención y mitigación de desastres 20
2.1.3. Conceptos de riesgo sísmico y su relación con los desastres naturales 23
2.1.4. Concepto de Expansión Urbana en relación con riesgo sísmico 24
2.2. Fallas geológicas y su relación con los terremotos 26
2.2.1. Descripción de fallas geológicas y su importancia en la actividad sísmica 26
2.2.2. Ejemplos de fallas geológicas relevantes y su historia de actividad sísmica 27
2.2.3. El caso de la falla de San Ramon: Estudio de un riesgo sísmico 28
2.3. Vulnerabilidad ante eventos sísmicos 30
2.3.1. Definición de vulnerabilidad en contextos de riesgo sísmico 30
2.3.2. Factores que contribuyen a la vulnerabilidad. 32
2.4. Capacidad de adaptación en contextos de riesgo 34
2.4.1. Conceptualización general de la capacidad de adaptación 34
2.4.2. La capacidad de adaptación como componente de la resiliencia 35
2.4.3. Perspectiva latinoamericana: adaptación en comunidades vulnerables 35
2.4.4. La capacidad de adaptación en el contexto chileno 36
2.4.5. La adaptación como política pública en Chile 37
CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO 38

3.1. Enfoque metodológico 38
3.2. Tipo de investigación 39
3.3. Diseño Metodológico 41
3.3.1. Tipo de muestreo 41
3.3.2. Unidad de Análisis 43
3.3.3. Técnica e Instrumento de recolección 44
3.3.4. Técnicas de Procesamiento 50
CAPITULO IV: MARCO DE EXPOSICION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 57
BIBLIOGRAFIA 87
ANEXOS 90

Índice de Figuras:

Figura 1: Relación entre el relieve del valle central de Santiago, el frente cordillerano, la ubicación y la estructura geológica a escala cortical de la Falls San Ramón. 5
Figura N°2: Evolución de la expansión horizontal visualizada como mancha urbana de Santiago. Según los marcos normativos vigentes desde 1960 hasta 2017 en relación con la ubicación de la Falla San Ramón en el sector oriente de Santiago. 6
Figura 3: Esquema del proceso de ruptura en superficie como producto de un terremoto cortical de gran magnitud (Mw7,2-7,5), deducido a partir de observaciones de campo a lo largo de la traza de la Falla San Ramón. 10
Figura N°4: Cartografía Área de estudio comuna de Peñalolén 14
Figura N°5: Catastro de Organizaciones Comunitarias por Unidad Vecinal, macro sectores y unidades vecinales, Comuna de Peñalolén. 15
Figura N°6: Cartografía zonas de estudio identificadas 16
Figura 7: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 1990. 58
Figura 8: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2000. 59
Figura 9: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2010. 60
Figura 10: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2025. 61
Figura 11: Zona urbanizadas en proximidad a la falla de San Ramón 63
Figura 11: Impacto territorial por proximidad a la falla 64
Figura 12: Cartografía de unidades vecinales y zonas de riesgo 65
Figura 13: Cartografía de delimitación crítica en Peñalolén 66

Índice de Tablas:

Tabla N°1. Tipos de estudio:.....40

Tabla N°2: Distribución de entrevistas y encuestas por barrio y unidad vecinal en Peñalolén. 43

Tabla N°3: Unidad de análisis 43

Tabla N°4: Secuencia metodológica para el análisis del crecimiento urbano en Peñalolén mediante ArcGIS Pro (1990–2024) 46

Tabla N°5: Secuencia metodológica para el caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.....47

Tabla N°6: Secuencia metodológica para analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.....49

Tabla N°7: Metodología del objetivo 51

Tabla N°8: Variables metodológicas.....53

Tabla N°9: Procesamientos.....55

Tabla N°10: Procesamientos.....56

Tabla N°11: Índice de vulnerabilidad 77

CAPÍTULO I. MARCO INTRODUCTORIO

1.1. Antecedentes Generales

A nivel mundial, aproximadamente el 80% de los desastres naturales registrados en los últimos 50 años corresponden a eventos sísmicos (UNDRR,2020). La mayoría de estos sismos se concentran en las costas del océano Pacífico, donde se ubican los bordes activos de las placas tectónicas. Esta zona, conocida como el "Anillo de Fuego", se caracteriza por una intensa actividad volcánica y tectónica, producto de la constante interacción entre placas oceánicas y continentales. Según Strahler (1989), los terremotos se concentran principalmente en los bordes activos de placas tectónicas, donde se producen interacciones de subducción, colisión o desplazamiento lateral. Esta tensión entre las placas se ve reflejado una vez que se libera rápidamente la energía, donde se emiten vibraciones denominadas ondas sísmicas, esto puede ser a kilómetros a través de las rocas hasta llegar a la superficie de la tierra.

Es importante destacar que algunos países del mundo presentan mayor riesgo sísmico por una red de fallas inversas activas, como, por ejemplo:

En el año 1980, enArgelia, cuidad de El Asnam, ocurrió un terremoto de Mw=7,3. Este acontecimiento tuvo un gran impacto en la superficie terrestre, ya que se produjo una ruptura de la superficie por la falla inversa presente en la zona. Esta ruptura se extendió por una distancia de aproximadamente 36 km, desde 7 km al sureste de El Asnam hasta 5 km al oeste de El Abadia, la cual se muestra un empuje hacia el sureste, al igual que cerca de la terminación nororiental de la falla de El Asnam, la falla de Bled Bahari Karouche (BBK), por ende, ha sido descrita como una estructura activa que muestra movimiento lateral izquierdo y empuje en su extremo sur (Berllalem et al., 2015). En el año 1994, en Estados Unidos en Northridge, California este terremoto causó una licuefacción generalizada y deterioro del suelo, y ocasionó más de 11.000 desplazamiento de tierra. Esto enseñó a los científicos lecciones sobre la complejidad de los sistemas de fallas en el área metropolitana de Los Ángeles y poco después de que se produjera el terremoto, parecía haber ocurrido en una falla "desconocida" (Earthquake Science Center,2014). En 1995 el terremoto de Kobe, Japón fue el resultado de una falla de deslizamiento de este a oeste donde interactúan las

placas euroasiática y filipina. El terremoto tuvo una magnitud de momento de 6,9 (National Geographic,2023). En 1999 el terremoto de Chi Chi en Taiwan fue de magnitud 7,6 tuvo lugar el 21 de septiembre de 1999. El emplazamiento de la presa Shih-Kang se ubica aproximadamente a 50 km al norte del epicentro del terremoto. Esta infraestructura se encuentra construida sobre un ramal de la falla de Chelungpu, lo que explica los daños sufridos durante el evento sísmico (Herrero, 2022).

En 2005, a las 8:50 am hora local, un terremoto de magnitud Mw = 7,6 sacudió la región del Himalaya en el norte de Pakistán y Cachemira. El epicentro del terremoto se localizó aproximadamente a 9 kilómetros al noreste de la ciudad de Muzaffarabad, esto se debió a un deslizamiento de tierra masivo fue una característica particular de este evento. Se desencadenó una banda de deslizamientos de tierra muy densa y de alta frecuencia a lo largo del rastro de ruptura de la falla en las áreas medias de la pendiente; sin embargo, se disipó rápidamente a medida que se alejaba de la zona de ruptura de la falla (VolcanoDiscovery, 2005). En 2023 Turquía y Siria se produjo un terremoto en la provincia turca de Hatay, que alcanzó una magnitud de 6,4. Esta región fue una de las más afectadas por los terremotos de magnitud 7,8 y 7,5 esto ocasionó que se generaran fracturas al sur y al norte las cuales fueron causada por la fuerte réplica que ocurrió durante la mañana del mismo día (Parra,2023).

En este sentido en América Latina se encuentran condiciones geográficas, climáticas, geológicas y geotécnicas que son afectados por abundantes e intensos fenómenos naturales, esto a su vez dañan a la población, al medio ambiente y el desarrollo socioeconómico de cada país. Además, el crecimiento de población y su concentración urbana han ocasionado importantes desastres naturales en zonas de alto riesgo (Audefroy,2003).

En las últimas décadas en los países de América Latina han experimentado 75 terremotos que han resultado en 226.000 muertes y 339.000 heridos. En total, los fenómenos telúricos han afectado a 14 millones de personas y causados daños de hasta 54.000 millones de dólares. América Central y del Sur tiene una mayor exposición con estos fenómenos comparadas con el Caribe, esto se da por los estudios sismológicos que han identificado grandes zonas a lo largo de la costa de Ecuador, Perú y el norte de Chile que podrían producir sismos de gran magnitud en el futuro. Los países con mayor riesgo de terremotos son Chile, Ecuador y Guatemala, seguidos por Costa Rica, Nicaragua, y El Salvador, por lo tanto, la posibilidad

de generar un terremoto de magnitud 9.0 es mayor en esta parte de América del Sur (Naciones Unidas, 2020)

En América Latina, las condiciones geográficas y geológicas, combinadas con el crecimiento urbano descontrolado, han incrementado la vulnerabilidad de las comunidades. En las últimas décadas, esta región ha experimentado 75 terremotos que han causado más de 202,000 muertes y 339,000 heridos, afectando a 14 millones de personas y causando daños económicos significativos (Naciones Unidas, 2016).

A lo largo de las últimas décadas, Chile ha sido escenario de una serie de eventos sísmicos de gran magnitud que han contribuido significativamente al conocimiento de la dinámica tectónica del margen de subducción entre las placas de Nazca y Sudamericana. Estos eventos, además de su relevancia geofísica. La sismicidad del país está asociada al proceso de deslizamiento horizontal entre las placas tectónicas, lo que provoca movimientos telúricos de diversa magnitud que, en ocasiones, desencadenan gigantescas catástrofes. Los terremotos han pasado a formar parte de la identidad colectiva de los chilenos, quedando registrados en la cultura popular a través de la tradición oral y han tenido implicancias directas en la planificación territorial, la gestión del riesgo y el desarrollo de redes de monitoreo instrumental (Biblioteca Nacional de Chile,2023)

El terremoto de Antofagasta, ocurrido el 30 de julio de 1995 con una magnitud de Mw 8.0, rompió un segmento de aproximadamente 180 km de la interfaz de subducción a una profundidad de 47 km, afectando la zona más profunda del contacto interplaca en el norte de Chile (Delouis et al., 1997).

Una década más tarde, el 13 de junio de 2005, se registró el terremoto de Tarapacá (Mw 7.8), clasificado como un evento intraplaca de profundidad intermedia, con un hipocentro estimado a 108 km dentro de la placa de Nazca (Delouis & Legrand, 2007).

El 14 de noviembre de 2007, el terremoto de Tocopilla (Mw 7.7) afectó nuevamente el norte del país, con una ruptura localizada en la parte profunda de la interfaz de subducción (~47 km). Este evento fue el primero en ser estudiado con datos de la red sismológica IPOC, permitiendo aplicar técnicas avanzadas de inversión espectral y análisis de réplicas (Lancieri et al., 2012). El 27 de febrero de 2010, el terremoto de Maule (Mw 8.8) marcó un hito en la

sismología chilena al ser el primer mega terremoto registrado con instrumentación moderna en la zona de subducción, lo que permitió una caracterización detallada de la ruptura y sus efectos geodinámicos (Ruiz et al., 2017).

El 1 de abril de 2014, un evento megathrust (Megafalla) de Mw 8.2 sacudió la ciudad de Iquique, activando una extensa red de instrumentos de banda ancha, acelerómetros y estaciones GNSS desplegadas por IPOC y el CSN, lo que facilitó la estimación precisa del deslizamiento sísmico (Báez et al., 2018).

En el centro-norte del país, el 16 de septiembre de 2015, el terremoto de Illapel (Mw 8.3) rompió un segmento de aproximadamente 200 km en la región de Coquimbo, con un hipocentro ubicado a 11 km de profundidad, generando levantamientos costeros y una intensa secuencia de réplicas (Ruiz et al., 2016).

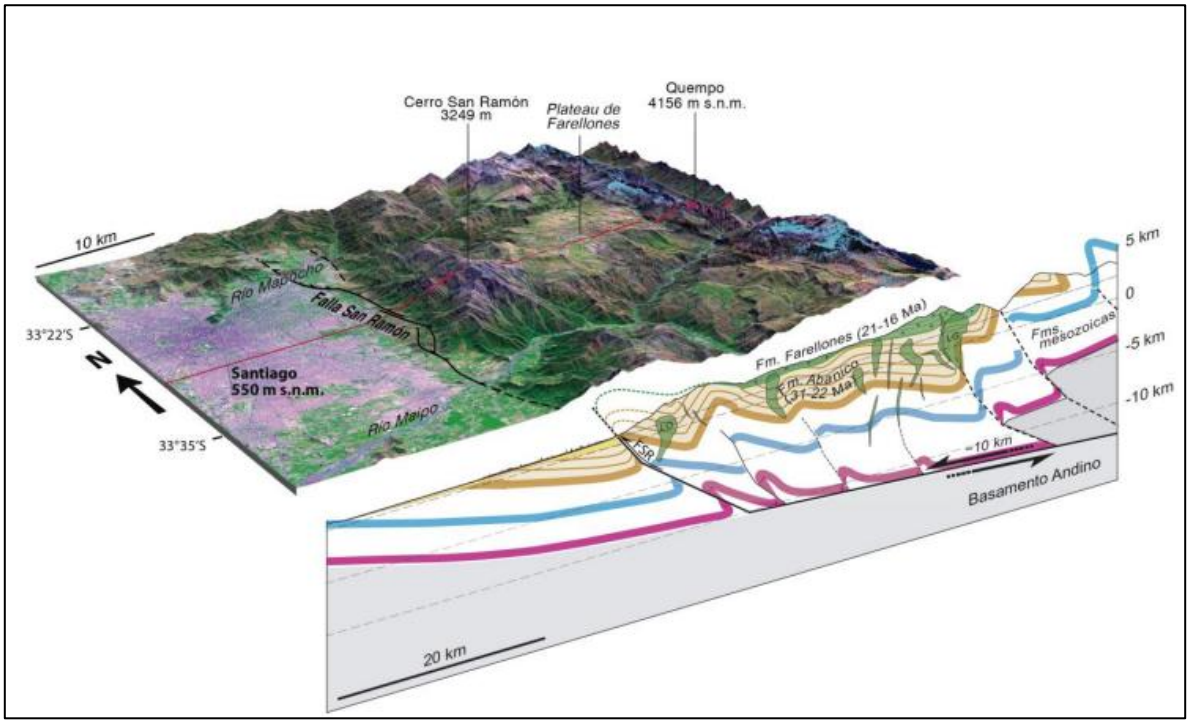
Finalmente, el 25 de diciembre de 2016, el terremoto de Chiloé (Mw 7.6) se desarrolló dentro de la zona de ruptura estimada del histórico evento de Valdivia 1960, lo que ha sido interpretado como una reactivación sísmica en el margen sur-central chileno (Ruiz et al., 2017). Por lo tanto, la historia de Chile esta marcada por eventos como el de Valdivia 1960 y Chiloé 2016, lo que evidencia una constantes reactivación de las placas tectónicas en el margen occidental país, por ende, esta condición ha influido directamente en la configuración territorial y urbana, especialmente en la zona central del país, donde el crecimiento de Santiago se ha desarrollado aceleradamente y en relación con zonas de riesgo sísmico.

El crecimiento de Santiago está ligado directamente a la planificación del Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), el cual expandió su territorio entre 1940 y 1992 mediante un modelo de dispersión urbana (Heinrichs, Nuissl & Rodríguez, 2009), seguido por un modelo de crecimiento simultáneo de expansión y dispersión entre 1992 y 2002 (Rodríguez, 2014).

Además, la presencia de un frente cordillerano en Chile, con el Cerro San Ramón como su máxima cumbre, y la sismicidad asociada al proceso de deslizamiento horizontal entre las placas tectónicas, han sido factores determinantes en la planificación urbana de Santiago. El Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) ha desempeñado un papel crucial en la

expansión y dispersión urbana de la ciudad, con un desarrollo cada vez mayor sobre la falla (Vargas et al. 2018).

Figura 1: Relación entre el relieve del valle central de Santiago, el frente cordillerano, la ubicación y la estructura geológica a escala cortical de la Falls San Ramón.

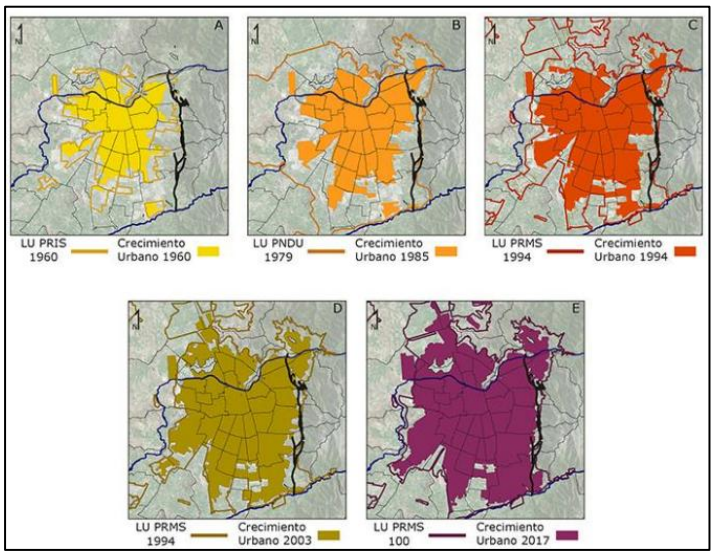


Fuente: Extraído de Easton et al. (2018)

En el caso específico de Santiago, la Falla San Ramón representa un riesgo sísmico significativo para el sector oriente de la ciudad. La presencia de una gran cantidad de personas viviendo sobre la falla ha generado preocupaciones y ha llevado a discusiones sobre la necesidad de considerar la falla en la planificación urbana, así como la implementación de zonas de resguardo y restricciones en el sector oriente de la capital (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2021). La expansión urbana acelerada en Santiago, con un crecimiento cada vez mayor sobre la falla, ha planteado desafíos en términos de sostenibilidad y seguridad sísmica. Expertos han señalado la importancia de asumir el riesgo de desastres en la planificación urbana y la necesidad de involucrar a la comunidad en la gestión de estos riesgos (Inzulza et al. 2022). La expansión horizontal de Santiago se visualiza como una mancha urbana, ha estado estrechamente relacionada con la ubicación de la Falla San Ramón en el sector oriente de la ciudad. Desde 1960 hasta 2017, los marcos

normativos vigentes han influido en esta expansión y su relación con la falla. Según un mapeo realizado por imágenes satelitales, alrededor del 55% de la traza de la falla se encontraba urbanizada en el borde oriente de Santiago, entre los ríos Maipo y Mapocho, mientras que un 45% quedaba sin urbanización al año 2017, lo que implica que aproximadamente 1.7 millones de personas vivían sobre la falla.

Figura N°2: Evolución de la expansión horizontal visualizada como mancha urbana de Santiago. Según los marcos normativos vigentes desde 1960 hasta 2017 en relación con la ubicación de la Falla San Ramón en el sector oriente de Santiago.



Fuente: Extraído de Vargas et al. (2018)

Además, la presencia de un frente cordillerano en Chile, con el Cerro San Ramón como su máxima cumbre, y la sismicidad asociada al proceso de deslizamiento horizontal entre las placas tectónicas, han sido factores determinantes en la planificación urbana de Santiago. El Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) ha desempeñado un papel crucial en la expansión y dispersión urbana de la ciudad, con un desarrollo cada vez mayor sobre la falla (Vargas et al. 2018).

La Falla San Ramón se ubica a los pies del borde occidental de la cordillera de los Andes, a lo largo del piedemonte andino situado al oriente del valle Santiago. Constituye una fractura o zona de debilidad en la corteza terrestre, capaz de acumular esfuerzo tectónico y deslizar

un bloque cortical respecto de otro, generando sismos superficiales (Easton et al.,2022). Por lo tanto, esta falla se manifiesta en las comunas de Vitacura, Las Condes, La Reina, Peñalolén, La Florida y Puente Alto. Sin embargo, también se estima que podría alcanzar zonas de las comunas de Lo Barnechea y Pirque.

La expansión urbana sin considerar adecuadamente los riesgos sísmicos ha llevado a la construcción de infraestructuras críticas en zonas de alto riesgo, exponiendo a personas a posibles catástrofes (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2021) Según Inzulza (2022) La comunidad debe estar preparada para enfrentar estos desafíos mediante la implementación de medidas de mitigación y la integración de la gestión de riesgos en la planificación urbana. La participación de la comunidad y la educación en prevención de desastres son esenciales para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia frente a futuros eventos sísmicos.

A nivel mundial, la vulnerabilidad educativa frente a desastres naturales ha sido un tema de creciente preocupación. La UNESCO ha destacado que los desastres naturales, incluidos los terremotos, afectan de manera desproporcionada a las escuelas y a los estudiantes, interrumpiendo la educación y exponiendo a los jóvenes a peligros significativos (UNESCO, 2010). La infraestructura educativa en muchos países no está diseñada para resistir eventos sísmicos, lo que aumenta el riesgo de colapsos y pérdidas humanas durante los terremotos.

La educación y la concienciación sobre riesgos son fundamentales para reducir la vulnerabilidad. La implementación de programas educativos que enseñen a los estudiantes y al personal educativo cómo actuar antes, durante y después de un terremoto puede salvar vidas (UNICEF, 2014). Estos programas deben ser integrales y adaptarse a las condiciones locales para ser efectivos.

La falta de inversión en infraestructura resiliente es un problema crítico. En muchos países, las escuelas están ubicadas en edificios antiguos que no cumplen con los estándares modernos de construcción antisísmica, lo que las hace particularmente vulnerables a los desastres naturales (World Bank, 2016). La reconstrucción y modernización de la infraestructura escolar deben ser prioridades para los gobiernos y las comunidades internacionales.

En Chile, la Falla San Ramón representa un riesgo significativo para la ciudad de Santiago. La planificación urbana ha llevado a una expansión significativa sobre esta falla, con un crecimiento urbano que ha urbanizado aproximadamente el 55% de su traza en el borde oriental de Santiago (Vargas et al., 2018). Este fenómeno plantea serios desafíos en términos de sostenibilidad y seguridad sísmica, especialmente en el sector educativo, donde la infraestructura escolar es vulnerable a los impactos de los terremotos.

El crecimiento urbano en Santiago, impulsado por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS), ha favorecido una expansión sobre la falla San Ramón, aumentando la exposición de la población a los riesgos sísmicos. En 2017, se estimó que alrededor de 1.7 millones de personas vivían sobre esta falla (Vargas et al., 2018). Además, la presencia de un frente cordillerano y la sismicidad asociada al deslizamiento horizontal entre placas tectónicas han influido en la planificación urbana de Santiago (Easton et al., 2018).

La vulnerabilidad en la dimensión educativa se manifiesta en la insuficiente preparación y resiliencia de la población frente a desastres naturales. La expansión urbana sin considerar adecuadamente los riesgos sísmicos ha llevado a la construcción de escuelas y otras infraestructuras críticas en zonas de alto riesgo, exponiendo a estudiantes y personal educativo a posibles catástrofes (Gobierno Regional Metropolitano de Santiago, 2021).

La población debe estar preparada para enfrentar estos desafíos mediante la implementación de medidas de mitigación y la integración de la gestión de riesgos en la planificación urbana. La participación de la comunidad y la educación en prevención de desastres son esenciales para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia frente a futuros eventos sísmicos (Inzulza et al., 2022). La vulnerabilidad en la dimensión educativa se manifiesta en la insuficiente preparación y resiliencia frente a desastres naturales.

En Chile, la vulnerabilidad educativa se ve exacerbada por la falta de inversión en infraestructura resiliente y la poca integración de planes de emergencia en las escuelas. La educación y la preparación son esenciales para reducir esta vulnerabilidad y garantizar la seguridad de los estudiantes y el personal educativo frente a desastres naturales (World Bank, 2016).

1.2. Planteamiento del Problema

En Chile existe una población de 18.480.432, asimismo en la Región Metropolitana habitan 7.400.741(*Censo*, 2024). La región se ubica a los pies del flanco occidental de la Cordillera Principal de los Andes, este es uno de los cordones montañosos más activos de nuestro planeta, por ende, la zona oriente de Santiago ha experimentado en los últimos 40 años una expansión urbana que ha generado una exposición de sus habitantes a riesgos socio-naturales de origen geológico. En este caso existe la posibilidad de terremotos corticales asociados a la Falla San Ramon (Vargas Easton et al., 2018).

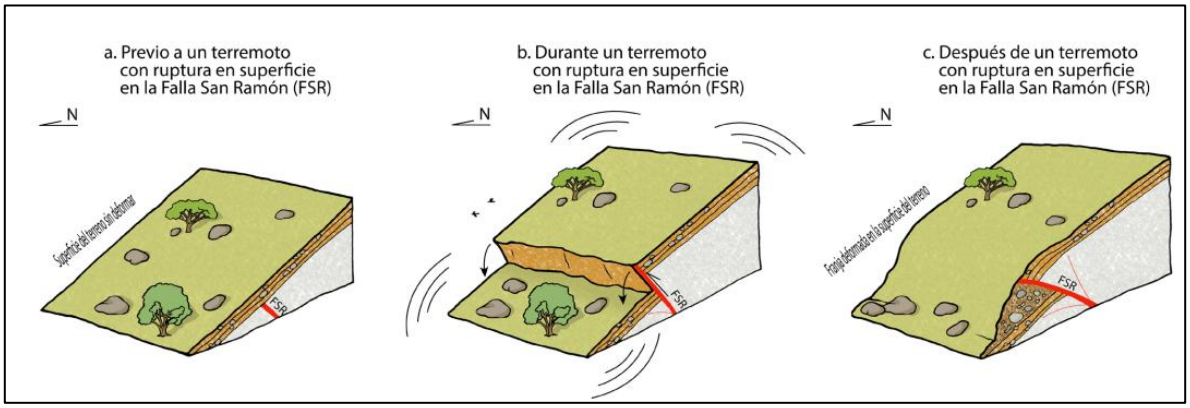
La falla San Ramon (en adelante, FSR) es una falla denominada cortical, la cual se prolonga entre 10 a 12 km de profundidad en la corteza hasta la superficie del territorio, asimismo se considera que su extensión es de 30 km a lo largo de su traza, Asimismo es conocido popularmente entre los ríos Mapocho y Maipo (Armijo et al., 2010). De este modo los registro paleosismológicos ha permitido observar los estratos del suelo de Santiago afectados por esta estructura geológica.

En este sentido las fallas corticales son todas aquellas que generan sismos dentro de los primeros 30 km de la corteza terrestre, que muchas veces producen una manifestación en superficie, ya sea un escarpe de falla por ruptura superficial, desplazamiento de drenajes, o la generación de un pliegue, entre otros (Inzulza-Contardo et al., 2021).

“En los márgenes activos, la existencia de esfuerzos que deben ser acomodados, obliga a la generación de diversas fallas corticales, las cuales tienen una orientación y cinemática relacionada con el campo de stress de la zona. Además, existen heterogeneidades corticales o esfuerzos diferenciales que condicionan la ocurrencia de fallas oblicuas, o con cinemáticas diferentes a las principales. Estas condiciones particulares, se deben principalmente a la presencia de estructuras antecesoras, arcos magmáticos, o la oblicuidad del vector de convergencia “(Santibáñez et al.,2019).

En efecto se demuestra que es una falla activa que representa dos tipos de amenaza para la ciudad; por una parte, la posibilidad de ruptura en superficie a lo largo de su traza, y por otra, la posibilidad de sismos de fuertes intensidades en sus inmediaciones (Easton et al, 2018).

Figura 3: Esquema del proceso de ruptura en superficie como producto de un terremoto cortical de gran magnitud (Mw7,2-7,5), deducido a partir de observaciones de campo a lo largo de la traza de la Falla San Ramón.



Fuente: Extraído de Easton et al. (2022).

El riesgo vinculado a la Falla San Ramón es la posibilidad de un gran terremoto destructivo de tipo cortical y de la ruptura de la superficie a lo largo de la falla. El riesgo ha sido comprobado a partir de registros paleosismológicos que demuestran la ocurrencia de dos terremotos de gran magnitud en el pasado (Mw ~ 7.5), uno hace 17,000 años y el último hace 8,000 (Easton et al, 2018).

En la comuna de Peñalolén existe una población de 241.599 y 70.334 viviendas (INE,2017), En efecto la población tiende a estar en un alto riesgo sísmico ante un evento de ruptura en superficie por parte de la Falla San Ramón, ya que sobre este territorio existen zonas de edificaciones residenciales, comerciales, industriales, gubernamentales o institucionales, las cuales afecta directamente a los habitantes. Esto es muy significativo porque se ha manifestado que, entre los años 2001 hasta el 2011, la falla ha generado sismos de baja magnitud, es decir, sismo de Mw=3-4, es decir, estos sismos son imperceptibles para los habitantes de la comuna (Easton et al. 2018).

La Falla de San Ramón representa un riesgo significativo para la comuna de Peñalolén debido a su capacidad para generar grandes terremotos corticales con magnitudes esperables para grandes terremotos. A pesar de que los sismos generados por la falla sean de baja magnitud y en su mayoría imperceptibles para los habitantes de la comuna, el riesgo significativo radica en su potencial para producir terremotos de gran magnitud, lo que podría afectar directamente

a los habitantes y las zonas de edificaciones residenciales, comerciales, industriales, gubernamentales o institucionales sobre este territorio (Montes,2020).

Además de los sismos, la Falla de San Ramón también ha mostrado evidencia de ruptura en superficie en el pasado, con desplazamientos y levantamientos significativos del bloque cordillerano sobre la Depresión Central a lo largo de la traza de la falla.

En cuanto a la relación con la vulnerabilidad, es importante considerar que la vulnerabilidad no sólo depende de la magnitud de los sismos, sino también de otros factores como la densidad de población, la calidad de la infraestructura, la preparación y conciencia de la comunidad, entre otros. La vulnerabilidad educativa puede estar influenciada por diversos factores, como el acceso a recursos educativos, la calidad de la educación, las condiciones socioeconómicas y el entorno familiar. Además, para comprender mejor la relación entre la vulnerabilidad educativa y la exposición a riesgos naturales como son los sismos de baja magnitud en la comuna, pueden no causar daños significativos en estructuras sólidas, aún pueden representar un riesgo para estructuras más vulnerables o en áreas con una alta densidad de población. Por lo tanto, es importante evaluar la vulnerabilidad de las comunidades y tomar medidas preventivas adecuadas para reducir los riesgos sísmicos.

1.3. Pregunta de Investigación

- ¿En qué medida los niveles de vulnerabilidad educativa afectan la capacidad de adaptación de la población en las zonas más expuestas a la Falla de San Ramón, en comparación con aquellas menos expuestas, dentro de la comuna de Peñalolén?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Analizar cómo el crecimiento urbano y la vulnerabilidad educativa influyen en la capacidad de adaptación de la comuna de Peñalolén frente al riesgo asociado a la Falla San Ramón.

1.4.2. Objetivos Específicos

- **Objetivo específico N°1:** Analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén entre 1990 y 2025, destacando su expansión hacia las zonas cercanas a la Falla San Ramón.
- **Objetivo específico N°2:** Caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.
- **Objetivo específico N°3:** Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.

1.5. Hipótesis

- La población que habita en zonas más cercanas a la falla de San Ramón, como Peñalolén Alto, presenta niveles significativamente mayores de vulnerabilidad educativa en comparación con aquellas ubicadas a mayor distancia, como La Faena. No obstante, ambas zonas comparten condiciones de acceso limitado a recursos educativos.

1.6. Relevancia de la Investigación

La vulnerabilidad social constituye un marco fundamental para evaluar la vulnerabilidad educativa para aquellas comunas que se encuentran cercanas a la Falla San Ramón es este caso el estudio se centrara en la comuna de Peñalolén, por ende, la relación existente entre la educación, la capacidad de preparación y la respuesta ante un desastre natural (Inzulza et al,2022), como en este caso se puede generar un terremoto cortical con posibilidades de generar ruptura en superficie.

Asimismo, el análisis de la vulnerabilidad en torno a la Falla San Ramón permite avanzar hacia una visión más integrada del piedemonte, relevante para la gestión del riesgo a nivel comunal. En el caso de Peñalolén, la expansión acelerada de Santiago hacia el borde oriente del valle central ha evidenciado diferencias en las condiciones sociales y educativas de las comunidades asentadas sobre la extensión de la falla, lo que puede estar relacionado con una mayor vulnerabilidad de ciertos sectores (Inzulza et al., 2022).

La importancia de estudiar la vulnerabilidad educativa frente al riesgo sísmico de la Falla San Ramón en Peñalolén radica en la necesidad de comprender y mitigar los posibles impactos adversos que un evento sísmico podría tener en la comunidad. Este tipo de investigación es crucial para identificar medidas preventivas y de preparación que puedan salvaguardar la seguridad y el bienestar de los habitantes en caso de un sismo de gran magnitud. Además, la generación de conocimiento a partir de esta investigación permitirá desarrollar estrategias específicas para fortalecer la resiliencia de la comunidad en general frente a este tipo de riesgos naturales, contribuyendo así a la protección y la promoción de un entorno educativo seguro y sostenible.

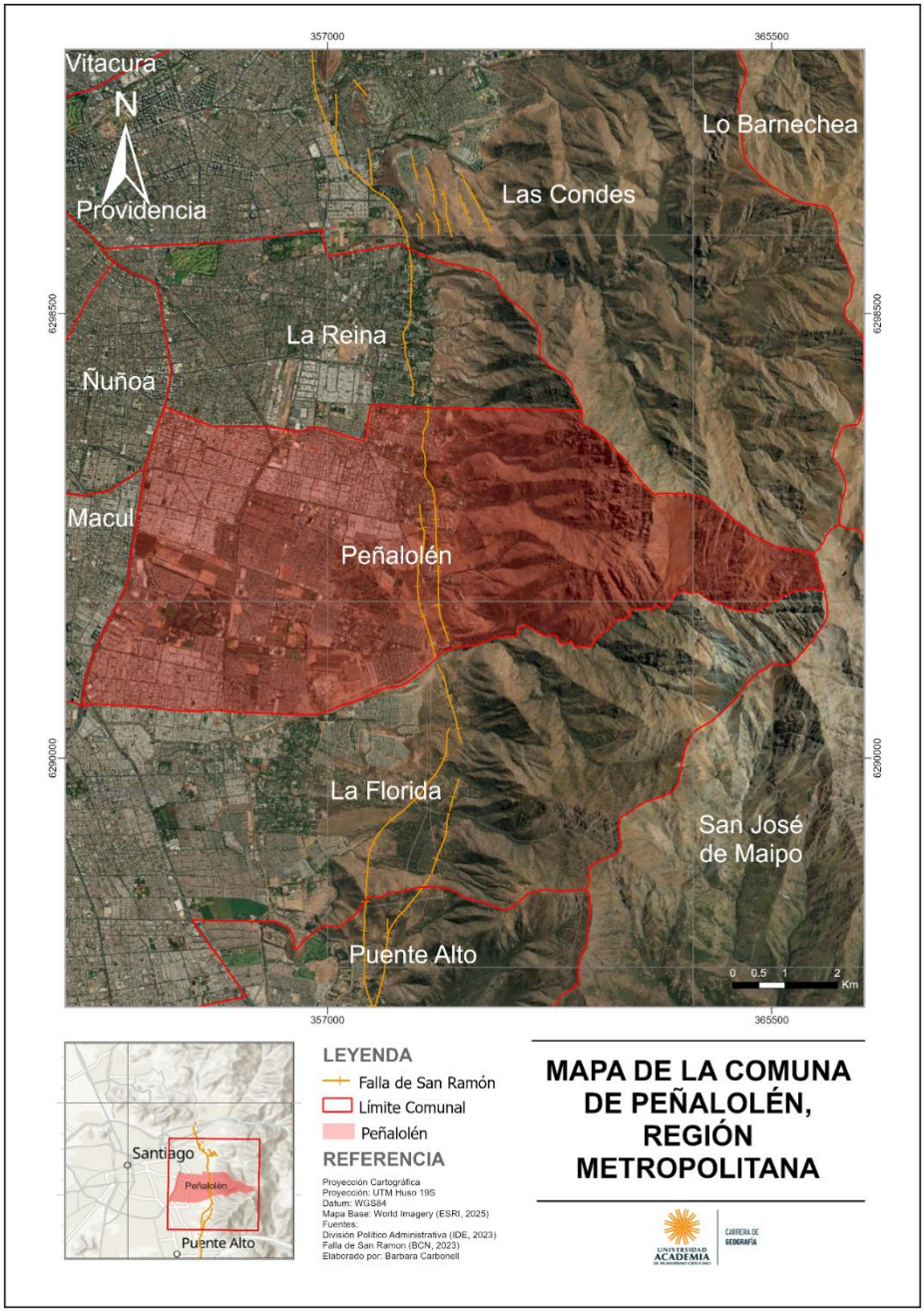
1.7. Justificación del área de estudio

La comuna de Peñalolén nace entre la mezcla de parcelas, loteos irregulares, tomas de terreno, grandes constructoras y condominios en los faldeos de la Cordillera. Todo esto en una comuna que es considerada de reciente aparición, comparada con otras zonas más antiguas de la Región Metropolitana. Fundada el 15 de noviembre de 1984, cuenta con una superficie de 54 km2 y según el Censo de 2024, tiene una población de 236.478 personas, dividida en 114.260 hombres y 122.218 mujeres (INE, 2024).

Según Easton (2018), la comuna de Peñalolén se encuentra ubicada en el piedemonte de la Cordillera de Los Andes y ha experimentado un crecimiento urbano significativo en las últimas décadas. La Falla San Ramón, que atraviesa la comuna, representa un escenario de riesgo sísmico debido a su actividad geológica. Además, aproximadamente el 55% de la traza de la falla en Peñalolén está urbanizada con diferentes tipos de edificaciones.

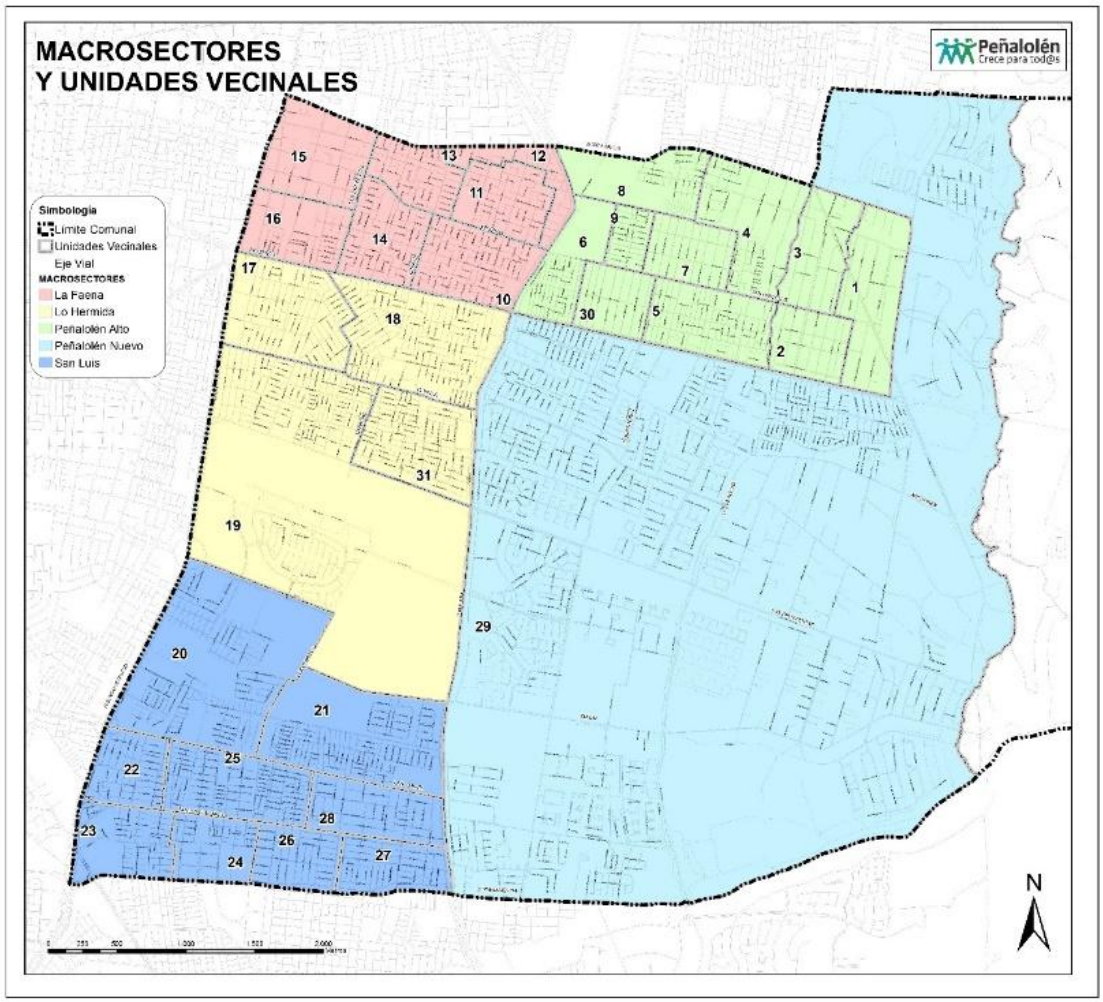
La importancia de estudiar esta área radica en la necesidad de comprender los riesgos sísmicos asociados a la Falla San Ramón y su impacto en la sostenibilidad de la comuna. Para así evaluar la planificación urbana, la densificación de la zona, y la vulnerabilidad educativa de la población ante posibles eventos sísmicos.

Figura N°4: Cartografía Área de estudio comuna de Peñalolén.



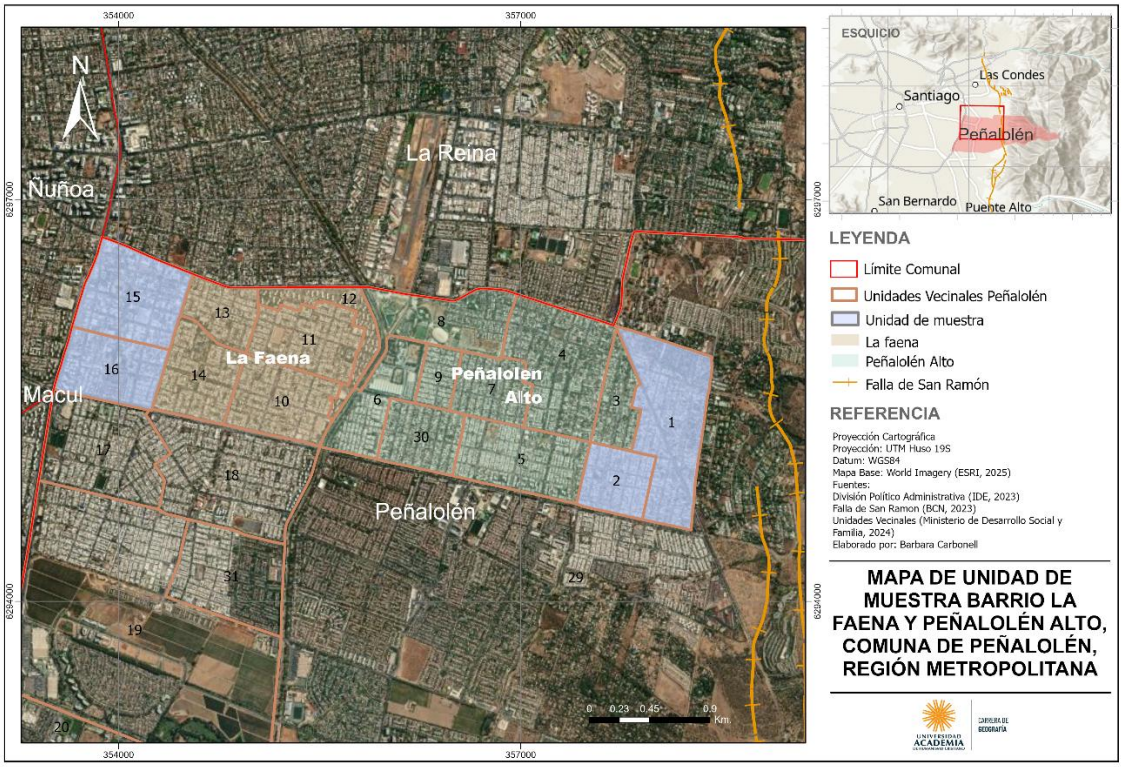
Fuente: (Elaboración prpia,2025)

Figura N°5: Catastro de Organizaciones Comunitarias por Unidad Vecinal, macro sectores y unidades vecinales, Comuna de Peñalolén.



Fuente: Municipalidad de Peñalolén, (2025)

Figura N°6: Cartografía zonas de estudio identificadas



Fuente: (Elaboración propia,2025)

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

El primer apartado tiene como objetivo definir el concepto rector “Riesgo”, para así poder comprender sus distintas dimensiones, con el fin de construir el concepto de “Riesgo de desastres”, con sus definiciones y alcances como también la importancia en la gestión del riesgo en la prevención y mitigación de desastres.

En el segundo apartado, se enfocará en las fallas geológicas y su relación con los terremotos para ver su importancia en la actividad sísmica y ejemplos relevantes para la historia.

El tercer apartado se verá la vulnerabilidad ante eventos sísmicos, para entender su papel en la preparación y respuesta ante desastres.

El cuarto apartado se enfocará en el concepto de capacidad de adaptación, entendido como la habilidad de las personas y comunidades para ajustarse a condiciones adversas y reorganizarse frente a escenarios de riesgo

2.1 Introducción al riesgo de desastres:

2.1.1. Definición y alcance del riesgo de desastre

Según la Real Academia Española (2023) la palabra riesgo implica la proximidad de un daño o contingencia de un peligro, amenaza, que pueden afectar a la vida de las personas. Además, es usual encontrar que el concepto de riesgo se usa como un sinónimo de peligro.

El concepto de riesgo, según García-Tornel (1984), citando a Burton y Kates (1964), se entiende como “aquellos elementos del medio físico y biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él”. Posteriormente, otras definiciones han ampliado esta visión, incorporando la probabilidad de ocurrencia de fenómenos naturales o antrópicos y la valoración de sus efectos en función de la vulnerabilidad humana (Castro, 2000).

En el sentido técnico, el riesgo se define en función de la combinación de tres términos: Amenaza, Exposición y Vulnerabilidad (Naciones Unidas, 2009).

Para comprender todas las áreas de actividad que abordan estos enfoques y las relaciones entre ellas, es importante entender el riesgo como resultado de la interacción de diferentes variables:

$$\boldsymbol{R}(Riesgo) = f\left(\frac{\boldsymbol{A}\ (Amenaza) \times \boldsymbol{V}\ (Vulnerabilidad)}{\boldsymbol{C}\ (Capacidades)}\right)$$

(Naciones Unidas, 2009)

Por lo tanto, la geografía ha adoptado diferentes enfoques para abordar el estudio del riesgo geográfico. Estos enfoques incluyen la teoría físico-natural, que se centra en los eventos geomorfológicos, climatológicos o hidrológicos; la teoría social y humana, que analiza las percepciones y comportamientos de las comunidades; y las teorías sistémicas, que buscan explicar y comprender los riesgos y desastres desde múltiples dimensiones. Estos enfoques permiten crear escenarios predictivos y preventivos para la gestión del riesgo (Rubiano, 2009).

El concepto de riesgo puede aplicarse legítimamente en una variedad de entornos y contextos sociales y económico, pero siempre tiene el carácter de estado latente, con algunos grados de incertidumbre, y esto presagia un posible resultado negativo, aunque también existen oportunidades y ganancias. En el caso de conceptos de riesgo de desastres, la definición básica a considerar en esta investigación sería:

"El riesgo de desastre hace referencia a un contexto o entorno social cuyas características y condicionantes anuncian o presagian daños y pérdidas en el futuro, cuya magnitud, intensidad e impacto serían de un nivel tal que interrumpan el funcionamiento rutinario o normal de la sociedad afectada como un todo, y pongan en peligro la sobrevivencia misma de la unidad afectada, requiriendo de apoyos y ayuda externa para lograr la recuperación y reconstrucción. Como condición, el riesgo de desastre requiere, sine qua non, la presencia, confluencia, convolución e interacción de dos factores o componentes: las amenazas físicas y comunidades o conglomerados humanos expuestos a sus impactos y existiendo en determinadas condiciones de vulnerabilidad" (Allan Lavell, 2002).

"El concepto de desastre ha sido ampliamente discutido, reflejando distintos antagonismos paradigmáticos" (Sandoval-Díaz, 2020) Mientras que el riesgo es un continuo, el desastre se entiende como una materialización de este; No obstante, el riesgo no sería sólo un producto

de análisis racional de «expertos», sino también una experiencia perceptiva configurada históricamente por materializaciones, artefactos, normas y valores socioculturales de aceptación intersubjetiva (Sandoval-Díaz et al. 2020).

Estas condiciones geográficas, geológicas, geomorfológicas y meteorológicas exponen a la región a un amplio repertorio de amenazas naturales, a lo cual debe sumarse un modelo económico neocolonial fundado en la extracción de bienes comunes, el aumento sostenido de pobreza urbana, desigualdades sociales, racismo estructural, opresión basada en el género, degradación ambiental y ausencia de un ordenamiento territorial basado en el riesgo (Sandoval-Díaz et al. 2020)

Según la Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR), Riesgo de Desastres se define como "la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas".

A través de las definiciones anteriores se pude verificar que el riesgo de desastre se puede analizar de diferentes enfoques, ya que existe la amenaza, la cual considera la probabilidad de la ocurrencia de un evento peligroso y el enfoque basado en la vulnerabilidad, pero desde el último enfoque se puede evaluar la capacidad de las personas y los sistemas de resistir y recuperarse de ante un desastre.

En el contexto de esta investigación, el concepto de riesgo de desastre se aplicará como un marco analítico central para comprender cómo la interacción entre amenaza sísmica, exposición urbana y vulnerabilidad social configura condiciones de riesgo en la comuna de Peñalolén, especialmente en las áreas próximas a la Falla San Ramón. El aporte principal de esta categoría al problema de investigación radica en que permite evaluar el crecimiento urbano desde una perspectiva no solo física, sino también socio-territorial, identificando cómo los procesos de expansión urbana particularmente entre 1990 y 2025 han incrementado o modificado la exposición de nuevas áreas residenciales frente a una amenaza sísmica activa.

Asimismo, el enfoque de riesgo posibilita analizar de manera integrada las características del territorio, el comportamiento del mercado inmobiliario, las decisiones de planificación urbana y las condiciones de vulnerabilidad de la población, lo que permite explicar por qué

ciertos sectores se consolidan en zonas potencialmente peligrosas. Desde esta perspectiva, el concepto de riesgo de desastre aporta una base teórica y metodológica para interpretar la expansión urbana de Peñalolén como un proceso que no solo transforma el territorio, sino que también produce nuevas configuraciones de riesgo, ofreciendo herramientas para fundamentar la necesidad de incorporar criterios de gestión del riesgo y ordenamiento territorial en la planificación comunal.

2.1.2. Importancia de la gestión de riesgo en la prevención y mitigación de desastres

La gestión del riesgo de desastre es crucial para reducir la vulnerabilidad de las comunidades y minimizar el impacto de los desastres. A través de la identificación del riesgo de desastre, la evaluación de la vulnerabilidad y la implementación de medidas preventivas, se pueden tomar decisiones informadas y eficaces para proteger a la población y sus activos. Por lo tanto, la conciencia del riesgo y la planificación territorial son aspectos clave para reducir la vulnerabilidad y minimizar los impactos de los desastres naturales.

"El proceso a través del cual una sociedad, o subconjuntos de una sociedad, influyen positivamente en los niveles de riesgo que sufren, o podrían sufrir, está captado en la idea o noción genérica de la "Gestión del Riesgo" o, más precisamente, la "Gestión de la Reducción del Riesgo" (Allan Lavell, 2002)

Pero según Allan Lavell (2002) esta gestión, que tendrá sus características, estrategias e instrumentos particulares, debe ser considerada en su esencia como un componente intrínseco y esencial de la gestión del desarrollo y del desarrollo territorial y ambiental. Todo proceso de desarrollo, de transformación territorial y ambiental debe ser informado por un proceso de análisis y control sobre los factores de riesgo existentes o posibles.

La gestión de la mitigación de riesgos es un elemento clave de la nueva visión de desastres, que debe convertirse en una actividad y un enfoque regular. En este sentido, el factor de riesgo debe convertirse en la guía y parámetro que determine la planificación e implementación de cada proyecto de desarrollo. Por ello, es necesario mantener el mismo posicionamiento e importancia que en los últimos años para la gestión del desarrollo, la transversalización de género y la consideración del impacto ambiental de nuevos proyectos. De acuerdo con la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR), la gestión del riesgo (GDR) se define como:

“El proceso sistemático de utilizar decisiones administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre”. (Análisis de riesgos de desastres en Chile , 2012, pág. 14)

Por otra parte, la UNISDR define como reducción de riesgo de desastres (RRD):

“el concepto y la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos”. Centrar la atención en el “riesgo de desastres” y no en el “desastre” ha permitido mayor debate y acciones de prevención y mitigación del riesgo y exponer la íntima relación entre los procesos de desarrollo, y la generación y/o amplificación de los riesgos de desastres. (Análisis de riesgos de desastres en Chile , 2012)

Según Allan Lavell, 2002 en “Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo”, la mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas.

El riesgo de desastres resalta la complejidad del concepto de riesgo, el cual incluye elementos como la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y la vulnerabilidad de las comunidades afectadas. Las definiciones de riesgo aportadas por diversos autores y organizaciones, como la Real Academia Española, Castro, y las Naciones Unidas, coinciden en la importancia de entender el riesgo como un resultado de la interacción de múltiples variables: amenaza, exposición y vulnerabilidad.

El análisis de los enfoques geográficos del riesgo destaca tres perspectivas principales: físico-natural, social y sistémica. Estas teorías permiten una comprensión integral de los riesgos y desastres, facilitando la creación de escenarios predictivos y preventivos que son cruciales para la gestión eficaz del riesgo.

La gestión del riesgo de desastres es identificada como una actividad crítica para la reducción de la vulnerabilidad. Allan Lavell y la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (UNISDR) enfatizan que la gestión debe ser un componente esencial del desarrollo territorial y ambiental. Este proceso implica el uso de decisiones administrativas, la organización y la implementación de políticas que fortalezcan las capacidades de afrontamiento de las comunidades.

La reducción del riesgo de desastres, tal como la define la UNISDR, aboga por esfuerzos sistemáticos dirigidos a la gestión de los factores causales de los desastres. Esto incluye la reducción de la exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad y una mejor preparación ante eventos adversos. La clave para una gestión efectiva del riesgo radica en la planificación y ejecución de medidas de intervención que atenúen los daños y sus consecuencias, aceptando que no es posible controlar el riesgo totalmente.

Por lo tanto, la gestión del riesgo de desastres es un proceso integral que requiere la colaboración de múltiples disciplinas y sectores. Al comprender y abordar los factores de riesgo desde una perspectiva holística, es posible crear comunidades más seguras y resilientes ante los desastres.

La importancia de la gestión del riesgo se vincula directamente con el problema de investigación, en tanto permite comprender cómo las decisiones de planificación urbana en Peñalolén han influido en la exposición de la población a la amenaza sísmica asociada a la Falla San Ramón. Al analizar la expansión urbana entre 1990 y 2025, la gestión del riesgo actúa como un marco interpretativo que evidencia si los procesos de crecimiento territorial han considerado adecuadamente la identificación de amenazas, la reducción de vulnerabilidad y la regulación del uso del suelo, o si, por el contrario, han contribuido a la consolidación de asentamientos en zonas de peligro. De esta manera, este concepto permite explicar por qué el desarrollo urbano comunal ha generado nuevas configuraciones de riesgo sísmico y aporta elementos para evaluar críticamente la ausencia o debilidad de estrategias de prevención y mitigación en la gestión territorial local.

2.1.3. Conceptos de riesgo sísmico y su relación con los desastres naturales

Según Hernández (2002) el concepto de riesgo sísmico son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un terremoto, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto.

Esto quiere decir que el riesgo sísmico depende directamente de la peligrosidad y la vulnerabilidad, esto quiere decir que los elementos de una zona con peligrosidad sísmica pueden verse afectados en mayor o menor medida dependiendo del grado de vulnerabilidad sísmica que tenga en un lugar determinado.

Pero según Giner (2001) tenemos tres variables que se atribuyen a poder comprender el riesgo sísmico.

RIESGO SÍSMICO = PELIGROSIDAD * VULNERABILIDAD*COSTE

(Giner,2001 extraido por la UNESO 1980)

En primer lugar, supongamos un territorio con una alta peligrosidad sísmica, es decir con gran probabilidad de que ocurran terremotos catastróficos, pero que no está poblado, por ejemplo, un desierto, el mar. En este punto existirá, como hemos dicho, una gran peligrosidad sísmica pero la vulnerabilidad y el coste serán muy bajos y, por tanto, también el Riesgo Sísmico. En segundo lugar, supongamos un territorio con alta peligrosidad sísmica, con una gran densidad de población y con construcciones que no tienen en cuenta características antisísmicas. En este punto existirá tanto una alta peligrosidad sísmica como alta vulnerabilidad y coste, por lo tanto, será un territorio de alto Riesgo Sísmico. Por último, consideramos una zona con alta peligrosidad, con una gran densidad de población, pero cuyas construcciones han sido diseñadas siguiendo normas sismorresistentes. En este punto existirá una alta peligrosidad sísmica pero su vulnerabilidad será mínima y por lo tanto será un territorio de menor Riesgo Sísmico (Giner, 2001)

A su vez la sismicidad cumple un papel muy importante en los riesgos, ya que es la base para poder entender los desplazamientos de la corteza terrestre, los cuales generalmente producen terremotos o sismos de distintas magnitudes, es decir, los terremotos ocurren cuando el esfuerzo en la tierra alcanza repentinamente o se deslizan de forma brusca pasando desde un

lado a otro, estos movimientos pueden actuar perpendicularmente a la falla empujando las rocas entre ellas y paralelamente a la falla moviendo las rocas unas contra otras (Hernández, 2002)

Tarbuck y Lutgens (2005) señalan que la magnitud de un terremoto está directamente relacionada con la cantidad de energía acumulada en las rocas y con el área que se rompe durante el evento. Mientras mayor es la superficie de ruptura y la energía liberada, mayor será la magnitud del sismo y, en consecuencia, la peligrosidad del fenómeno para las zonas expuestas.

Aunque la peligrosidad sísmica es la probabilidad de que el valor de un cierto parámetro de que mide el movimiento de intensidad, por ejemplo, aceleración, intensidad sea superado en un determinado periodo de tiempo, también llamado periodo de exposición (Giner, 2001). Además, el tamaño y localización de estos efectos colaterales dependerán de diversos factores ya sea de características geológica o geotécnicas del lugar, pero las más relevantes son las características de un terremoto, es decir, hipocentro, mecanismo, intensidad, magnitud, duración, contenido frecuencial (Hernández, 2002).

2.1.4. Concepto de Expansión Urbana en relación con riesgo sísmico

Según la OECD (2021), la planificación urbana que incorpora la evaluación de riesgos sísmicos es crucial para mitigar el impacto de los terremotos. Las ciudades que implementan códigos de construcción y normas de urbanización rigurosas pueden reducir significativamente su vulnerabilidad frente a los desastres sísmicos. En este sentido, la expansión urbana en relación con el riesgo sísmico resulta fundamental para comprender la formación de las ciudades. La evidencia internacional muestra que la expansión urbana en zonas sísmicamente activas, sin una planificación adecuada y sin códigos de construcción robustos, ha incrementado la vulnerabilidad de las ciudades a los terremotos. La urbanización rápida y no planificada es una de las principales causas del aumento del riesgo sísmico en muchas partes del mundo (UN-Habitat, 2020).

En numerosos países en desarrollo, la rápida urbanización ha derivado en construcciones desordenadas y a menudo inseguras, lo que incrementa la vulnerabilidad frente a los terremotos. Por ello, las políticas urbanas efectivas deben incluir estrategias de mitigación de riesgos y construcción segura para reducir esta vulnerabilidad (World Bank, 2018). El

crecimiento urbano descontrolado en áreas propensas a terremotos, sin considerar los riesgos sísmicos en el diseño y la construcción, ha generado un aumento significativo en la vulnerabilidad y en el potencial de daños catastróficos durante eventos sísmicos (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2019).

La planificación urbana que incorpora la evaluación de riesgos sísmicos es, nuevamente, esencial para mitigar el impacto de los terremotos. Las ciudades que aplican códigos de construcción y normas de urbanización rigurosas logran reducir de manera significativa su vulnerabilidad (OECD, 2021). Por lo tanto, la gestión del riesgo debe ser parte integral de los procesos de urbanización, ya que integrar la evaluación de riesgos sísmicos en la planificación urbana puede disminuir la vulnerabilidad y mejorar la resiliencia de las comunidades frente a futuros terremotos (Natural Hazards Review, 2017).

Smith (2020) advierte que la rápida expansión urbana en áreas propensas a terremotos, especialmente en países en desarrollo, ha incrementado de manera significativa la vulnerabilidad de las comunidades. La urbanización no planificada suele derivar en edificaciones que no cumplen con normas de resistencia sísmica, aumentando así el riesgo de desastres y las pérdidas humanas y materiales. Esto es particularmente relevante en ciudades que tienden a expandirse hacia las periferias, generando zonas de riesgo para la comunidad. Asimismo, Brown (2019) señala que las megaciudades en regiones sísmicamente activas enfrentan desafíos únicos debido a su alta densidad poblacional y la complejidad de su infraestructura, donde la vulnerabilidad se ve exacerbada por la falta de inversión en infraestructura resistente y la proliferación de asentamientos informales.

Por ende, La expansión urbana se refiere al patrón de desarrollo de baja densidad que se aleja de los centros de las ciudades, extendiéndose hacia áreas periféricas y rurales. Este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en Chile, especialmente en el caso de Santiago, donde la urbanización ha avanzado sobre el piedemonte cordillerano y zonas agrícolas. Hernández Palma y Gutiérrez León (2010) señalan que entre 1975 y 2003 la ciudad experimentó un crecimiento acelerado hacia la periferia, impulsado por la migración interna y el aumento demográfico, lo que generó desequilibrios ambientales y sociales no previstos por la planificación territorial.

Sin embargo, el crecimiento demográfico no es la única fuerza que impulsa la expansión urbana. Factores como la zonificación deficiente, la falta de infraestructura adecuada y las regulaciones urbanísticas poco claras han favorecido un desarrollo desordenado. Schuster-Olbrich, Vich y Miralles Guasch (2024) destacan que las contradicciones normativas del Plan Regulador Metropolitano de Santiago han permitido la ocupación de áreas rurales y periurbanas, generando fragmentación del paisaje y pérdida de suelos agrícolas.

La expansión urbana puede tener consecuencias tanto positivas como negativas. Por un lado, ha permitido la creación de nuevas viviendas y oportunidades económicas para una población en crecimiento. Por otro, ha provocado problemas de congestión vehicular, aumento de la contaminación y presión sobre los servicios públicos. El estudio del Centro de Estudios de Ciudad y Territorio (CECT,2022) confirma que la expansión descontrolada de los asentamientos urbanos en Chile ha incrementado la vulnerabilidad de las comunidades, especialmente en zonas de riesgo natural.

Además, la suburbanización en comunas periurbanas como Peñalolén y La Florida ha transformado antiguos suelos rurales en urbanizaciones privadas. Cáceres Seguel (2015) advierte que este proceso, liderado por proyectos inmobiliarios, responde a la demanda habitacional, pero aumenta la presión sobre el medio ambiente y los servicios básicos, generando un modelo de crecimiento poco sostenible.

2.2. Fallas geológicas y su relación con los terremotos

2.2.1. Descripción de fallas geológicas y su importancia en la actividad sísmica

Las fallas geológicas constituyen fracturas en la corteza terrestre a lo largo de las cuales se produce un desplazamiento apreciable de los bloques de roca. Según Tarbuck (2005), los movimientos súbitos en estas estructuras son responsables de la mayoría de los terremotos, ya que liberan la energía acumulada en forma de ondas sísmicas. De manera general, las fallas pueden presentar desplazamientos verticales, horizontales o combinados, dependiendo de las fuerzas tectónicas que actúan sobre ellas.

En términos estructurales, las fallas son rupturas continuas que ocurren cuando las fuerzas tectónicas exceden la resistencia de la roca. Este proceso puede manifestarse en distintos tipos de fallas: las fallas normales, asociadas a esfuerzos de extensión; las fallas inversas,

vinculadas a procesos de compresión; y las fallas de rumbo o deslizamiento, características de los límites de placas tectónicas donde los bloques se desplazan lateralmente (Griem, 2015). Por ejemplo, la Falla de San Andrés en California es un caso emblemático de falla de transformación, mientras que el Valle del Rift en África Oriental corresponde a un sistema de fallas normales (Nación, 2024).

La relación entre las fallas geológicas y los terremotos es directa y crucial. En primer lugar, las placas tectónicas que componen la corteza terrestre se desplazan constantemente, acumulando energía elástica en los bordes de las fallas. Cuando esta energía supera la resistencia de las rocas, se libera de manera súbita, generando un terremoto. La magnitud y frecuencia de estos eventos dependen del tipo de falla y de la cantidad de energía acumulada (SINC, 2014).

En el contexto chileno, las fallas corticales activas representan un riesgo sísmico significativo. Maldonado Brintrup (2020) señala que estas estructuras son capaces de acumular esfuerzos tectónicos y liberar energía en forma de terremotos, lo que las convierte en fuentes relevantes de peligro sísmico. En la misma línea, el proyecto Fallas de Chile de la Pontificia Universidad Católica de Chile (2023) ha compilado información científica sobre las fallas potencialmente sismogénicas del país, destacando su importancia para la planificación territorial y la gestión del riesgo.

En particular, la Falla San Ramón, ubicada en el piedemonte cordillerano de Santiago, constituye un ejemplo local de gran relevancia. Estudios recientes han confirmado su carácter activo y su capacidad de generar terremotos de magnitud considerable (Vargas & Rebolledo, 2015; Easton et al., 2022). La incorporación de este conocimiento en los instrumentos de planificación urbana resulta esencial para reducir la vulnerabilidad de las comunidades asentadas en su área de influencia.

2.2.2. Ejemplos de fallas geológicas relevantes y su historia de actividad sísmica

Las fallas geológicas constituyen rupturas en la corteza terrestre que generan distintos tipos de desplazamientos y están directamente relacionadas con la actividad sísmica. En una falla normal, las rocas del bloque superior se desplazan hacia abajo respecto al bloque inferior, como ocurre en el sistema del Gran Valle del Rift en África Oriental, donde la extensión de la corteza ha originado un valle tectónico y la formación de lagos como el Tanganica

(Arízaga, 2022). Por otro lado, en una falla inversa, el bloque superior se mueve hacia arriba en oposición a la fuerza de la gravedad, siendo la Falla de Thrust de las Montañas Rocosas un ejemplo clásico de compresión cortical que ha dado lugar a cadenas montañosas y estratos plegados (SINC, 2014). Finalmente, las fallas de desplazamiento lateral o de transformación se caracterizan por el movimiento horizontal de los bloques, sin desplazamiento vertical significativo, como ocurre en la Falla de San Andrés en California, donde el roce lateral entre la placa del Pacífico y la de América del Norte ha generado numerosos terremotos históricos (Tarbuck, 2005).

2.2.3. El caso de la falla de San Ramon: Estudio de un riesgo sísmico

En 1950, Brüggen citado en Easton et al. (2018) fue uno de los primeros geólogos en estudiar y documentar la geología de la Cordillera de los Andes en la región central de Chile, incluyendo áreas donde se encuentra la Falla San Ramón. En sus observaciones mencionaba la posibilidad de una falla a los pies del cordón montañoso que constituye el abrupto relieve del frente cordillerano, señalando que "la falla del cerro San Ramón" constituye "el pie rectilíneo de la Cordillera de Los Andes que se puede seguir por 40 kilómetros" (Easton et al., 2018, p. 69).

Posteriormente, en 1969, se describía también a la Falla San Ramón como una estructura geológica de naturaleza normal, con el bloque cortical del valle de Santiago descendiendo respecto del frente cordillerano y considerada "razonablemente inactiva" (Easton et al., 2018). Thiele (1980) mencionó igualmente la posibilidad de una falla normal en el piedemonte cordillerano, aunque sin esclarecer su carácter activo o inactivo. No obstante, a inicios del presente siglo, investigaciones pluridisciplinarias plantearon a la Falla San Ramón (FSR) como una falla potencialmente activa, capaz de acumular esfuerzos tectónicos y generar sus propios terremotos, además de presentar un carácter inverso al montar el frente cordillerano sobre el valle, contribuyendo a la construcción del borde occidental de la Cordillera Principal de los Andes (Easton et al., 2018).

Según Easton et al. (2022), "Santiago, habitada por más de siete millones de personas, se ubica en los faldeos occidentales de la cordillera de los Andes, una de las cadenas de montaña geológicamente más activas del planeta. Aún hoy en día, su construcción se debe al magmatismo y las fuerzas tectónicas que, en última instancia, se vinculan a la subducción de

la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Como resultado del encuentro colosal entre estas dos placas tectónicas, las rocas que constituyen la placa Sudamericana se deforman y se rompen cerca de la superficie, dando lugar a las fallas geológicas".

La Falla San Ramón es una falla cortical que se prolonga entre 10 y 12 km de profundidad en la corteza hasta la superficie, con una extensión de aproximadamente 30 km a lo largo de su traza, entre los ríos Mapocho y Maipo (Armijo et al., 2010). Los registros paleosismológicos han permitido observar estratos del suelo de Santiago afectados por esta estructura. En este sentido, las fallas corticales son aquellas que generan sismos dentro de los primeros 30 km de la corteza terrestre y que muchas veces producen manifestaciones en superficie, como escarpes de falla, desplazamiento de drenajes o pliegues (Pérez, 2016). En la comuna de Peñalolén, específicamente en la zona de estudio, la Falla San Ramón se emplaza en un área urbanizada, considerada como Zona de Riesgo Sísmico FSR o Buffer FSR. La evidencia geológica demuestra que la FSR es capaz de acumular esfuerzos tectónicos y producir terremotos mayores; en base a estudios y sismos con características similares, se han identificado daños directamente asociados a esta falla (Easton et al., 2018).

La presencia activa de la Falla San Ramón en la comuna de Peñalolén adquiere especial relevancia para esta investigación, dado que su área de influencia coincide con sectores habitados por comunidades que, en muchos casos, desconocen la dinámica y peligrosidad real asociada a esta estructura. Estudios como los de Armijo et al. (2010), Vargas y Rebolledo (2015) y Easton et al. (2022) demuestran que la Falla San Ramón es capaz de producir sismos corticales de alta energía directamente bajo zonas urbanizadas, lo que constituye una amenaza inmediata para la población residente. En este contexto, la vulnerabilidad educativa entendida como el nivel de conocimiento, conciencia y preparación que poseen las personas para reconocer, anticipar y responder adecuadamente ante un riesgo sísmico se vuelve un elemento crítico. La falta de información clara, la ausencia de procesos formativos continuos en gestión del riesgo y la limitada percepción de amenaza aumentan la susceptibilidad de la comunidad frente a un evento sísmico mayor. Por ello, comprender el comportamiento de la Falla San Ramón no solo es relevante desde una perspectiva geológica, sino que es fundamental para identificar brechas educativas en la población de Peñalolén, cuya capacidad

de respuesta puede determinar significativamente los niveles de impacto y afectación durante una emergencia.

2.3. Vulnerabilidad ante eventos sísmicos

2.3.1. Definición de vulnerabilidad en contextos de riesgo sísmico

Según Wilches-Chaux (1993) la vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad, es decir, es eminentemente social, por cuanto hace referencia a las características que le impiden a un determinado sistema humano adaptarse a un cambio del medio ambiente. Pero para Rinaldi, (2020), la vulnerabilidad corresponde a un factor interno del riesgo que mide el grado de susceptibilidad y exposición al impacto negativo de amenazas que presenta una comunidad, recurso natural o propiedad producto de la interacción de factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales. Ambas perspectivas de los autores ofrecen valiosos enfoques para comprender la vulnerabilidad, aunque desde ángulos diferentes. Esto quiere decir que la visión de Wilches-Chaux destaca la importancia de las capacidades adaptativas y las desigualdades sociales, mientras que la de Rinaldi aporta una comprensión más integral que considera una variedad de factores y su interacción. En la gestión del riesgo, es beneficioso integrar ambas perspectivas para abordar de manera más efectiva la vulnerabilidad y sus impactos en las comunidades.

El concepto de vulnerabilidad ha evolucionado significativamente a lo largo del tiempo, adaptándose a una comprensión más global y multifacética. Originalmente, la vulnerabilidad se veía principalmente desde una perspectiva física y técnica, enfocándose en la exposición a amenazas naturales y la capacidad estructural para resistirlas. Sin embargo, en la actualidad, se reconoce que la vulnerabilidad es un fenómeno complejo que puede ser analizado desde distintos ángulos y dimensiones, dependiendo del aspecto que se esté considerando para su análisis.

Las distintas dimensiones de la vulnerabilidad que (Wilches-Chaux, 1993) denomina son: Dimensión física, Dimensión económica, Dimensión social, Dimensión política, Dimensión institucional, Dimensión cultural, Dimensión ambiental, Dimensión ideológica y por último la Dimensión Educativa la cual se basa en la ausencia del conocimiento sobre las causas, efectos y razones del desastre hacen que una comunidad sea más vulnerable.

Las distintas dimensiones de la vulnerabilidad identificadas por Wilches-Chaux ofrecen un marco comprehensivo para entender cómo diferentes factores contribuyen a la susceptibilidad de las comunidades ante desastres. Integrar estas dimensiones en la planificación y gestión de riesgos es crucial para construir comunidades más resilientes y reducir significativamente la vulnerabilidad frente a los desastres naturales.

Franchi-Arzola (2015) plantea que la relación entre riesgo y desastre no es normal ni esperable, debido a que el último sólo ocurre cuando la gestión del riesgo ha sido inadecuada o no ha existido. Este autor mantiene que en Chile existen las condiciones necesarias para poder asumir de forma contundente la planificación y el ordenamiento del territorio.

Entonces, la probabilidad de que se genere un desastre ante la manifestación de una amenaza dependerá del grado de vulnerabilidad que presenten la población o los bienes expuestos. Esta opinión es compartida tanto por Arenas et al (2010), al afirmar que el riesgo es una función de la amenaza por la vulnerabilidad y que por ende "todos los eventos mencionados, cuando interactúan con asentamientos humanos vulnerables, pueden desencadenar un desastre". Por lo que se requiere iniciar una transición que permita migrar de la cultura de la emergencia y la resistencia que por años ha predominado en el país, hacia una estrategia que se centre en la planificación, resiliencia y adaptación mediante la inclusión del riesgo dentro del marco legal urbanístico a nivel nacional (Franchi-Arzola, 2015).

La educación proporciona a las organizaciones y comunidades no solo las habilidades necesarias para tomar decisiones informadas, sino también la motivación para participar y asumir la responsabilidad en los procesos de gestión del riesgo. Sin embargo, es importante reconocer que la formación y la participación comunitaria, por sí solas, no siempre son suficientes. En muchos casos, la reducción efectiva del riesgo también requiere recursos materiales y financieros que permitan invertir en medidas estructurales, infraestructuras resilientes y mejoras en los propios sistemas de monitoreo. Sin este respaldo técnico y económico, incluso las comunidades mejor capacitadas enfrentan limitaciones para implementar acciones preventivas de largo alcance. De este modo, la educación y los recursos físicos deben entenderse como componentes complementarios dentro de una estrategia integral de gestión del riesgo.

2.3.2. Factores que contribuyen a la vulnerabilidad.

La vulnerabilidad se refiere al nivel de riesgo que enfrenta una persona, familia o comunidad a perder la vida, sus bienes y propiedades, y su medio de vida ante una posible catástrofe. Existen varios factores que contribuyen a la vulnerabilidad.

Según Egea-Jiménez, 2011 los siguientes factores son los más relevantes:

- Factores socioeconómicos: La pobreza, la falta de acceso a recursos básicos como agua potable y alimentos, la falta de empleo o ingresos estables, y la falta de acceso a servicios de salud y educación pueden aumentar la vulnerabilidad de una persona o comunidad.

- Factores geográficos: La ubicación de una persona o comunidad puede influir en su vulnerabilidad. Por ejemplo, vivir en áreas propensas a desastres naturales como terremotos, inundaciones o huracanes puede aumentar la vulnerabilidad si no se toman medidas de mitigación adecuadas.

- Factores demográficos: Algunos grupos de la población pueden ser más vulnerables que otros debido a su edad, género, estado nutricional o salud. Por ejemplo, los niños, las personas mayores y las personas con discapacidades pueden enfrentar mayores riesgos en situaciones de desastre.

- Factores institucionales: La falta de políticas y programas de protección social, la corrupción, la falta de capacidad de respuesta de las instituciones y la falta de coordinación entre diferentes actores pueden aumentar la vulnerabilidad de una comunidad.

- Factores ambientales: Los cambios en el medio ambiente, como el cambio climático, la deforestación y la degradación del suelo, pueden aumentar la vulnerabilidad de las comunidades al afectar sus medios de vida y aumentar la frecuencia e intensidad de los desastres naturales.

Wilches-Chaux (1993) y Rinaldi (2020) presentan enfoques complementarios sobre la vulnerabilidad en contextos de riesgo sísmico. Según Wilches-Chaux, la vulnerabilidad se manifiesta en la incapacidad de un sistema humano para adaptarse a cambios ambientales, resaltando así la dimensión social y adaptativa. Por otro lado, Rinaldi define la vulnerabilidad

como un factor interno del riesgo, que mide la susceptibilidad y exposición a amenazas debido a la interacción de factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

En el presente estudio, la vulnerabilidad educativa se aborda como un componente social de la vulnerabilidad humana frente al riesgo sísmico, entendida no desde la escolaridad formal, sino desde el nivel de conocimiento, preparación y comprensión que poseen las personas para enfrentar una amenaza natural. Wilches-Chaux (1993) señala que la vulnerabilidad educativa se relaciona con la ausencia de información y de capacidades para reconocer las causas, efectos y posibles impactos de un desastre, lo que limita la adaptación y la respuesta adecuada de una comunidad. Desde una perspectiva complementaria, Rinaldi (2020) entiende la vulnerabilidad como un factor interno del riesgo que emerge de la interacción entre variables físicas, sociales y ambientales, lo que permite interpretar que la falta de conocimientos preventivos también incrementa la susceptibilidad de las personas ante un evento sísmico.

Esta línea teórica se vincula directamente con el problema de investigación, dado que la expansión urbana de Peñalolén hacia zonas próximas a la Falla San Ramón ha incrementado la exposición de su población a un escenario de peligrosidad sísmica elevada. Tal como plantean Arenas et al. (2010), el riesgo surge cuando una amenaza interactúa con comunidades vulnerables, de modo que la falta de información, preparación y cultura preventiva aumenta la probabilidad de daño social ante un sismo mayor. Asimismo, Franchi-Arzola (2015) advierte que los desastres ocurren cuando existe una gestión inadecuada del riesgo, situación que se hace evidente cuando la población habita zonas expuestas sin contar con conocimientos básicos para enfrentar una emergencia

Para efectos metodológicos, y siguiendo las dimensiones propuestas por Wilches-Chaux (1993) y los factores señalados por Egea-Jiménez (2011), la vulnerabilidad educativa será evaluada a partir de tres componentes adaptados al análisis de personas:

- Nivel de conocimiento del riesgo (comprensión del peligro sísmico, ubicación de la falla, conducta adecuada durante un sismo).
- Capacidades preventivas y de respuesta (preparación individual, participación en actividades de prevención, existencia de planes familiares).

- Acceso a información y formación en riesgo (disponibilidad de campañas, educación comunitaria, difusión municipal o estatal sobre riesgo sísmico).

2.4. Capacidad de adaptación en contextos de riesgo

2.4.1. Conceptualización general de la capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación se entiende como la habilidad de individuos y comunidades para ajustarse a condiciones adversas, reducir daños potenciales y aprovechar oportunidades derivadas de cambios o amenazas. Según Bocco (2019), este concepto está estrechamente vinculado con la vulnerabilidad y la resiliencia, ya que refleja la posibilidad de transformar estructuras sociales y ambientales frente a riesgos. En este sentido, la adaptación no se limita a una respuesta inmediata, sino que implica un proceso dinámico de reorganización y aprendizaje que permite mantener funciones esenciales en escenarios de crisis.

Desde una perspectiva socioecológica, la capacidad de adaptación se concibe como un atributo de los sistemas humanos y naturales que les permite enfrentar perturbaciones sin perder su funcionalidad. Díaz Arcaño y Lorenzo Ruiz (2023) sostienen que la resiliencia individual y comunitaria ante eventos adversos depende de la capacidad de reorganizarse y mantener funciones esenciales frente a crisis. Esto implica que la adaptación no es un estado final, sino un proceso continuo que se renueva con cada experiencia de desastre.

La literatura internacional enfatiza que la capacidad de adaptación incluye dimensiones sociales, culturales y educativas. El conocimiento y la preparación fortalecen la respuesta de las comunidades, permitiendo que las personas desarrollen habilidades para enfrentar escenarios adversos (Sandoval-Díaz, Navarrete Muñoz, & Cuadra Martínez, 2023). De esta manera, la educación y la participación comunitaria se convierten en pilares fundamentales para consolidar procesos de adaptación sostenibles y efectivos.

Por lo tanto, la capacidad de adaptación se vincula con la reducción de la vulnerabilidad. Al desarrollar estrategias de adaptación, las comunidades disminuyen su exposición a los riesgos y aumentan su capacidad de recuperación. Bocco (2019) enfatiza que la adaptación es un componente esencial de la resiliencia, ya que permite transformar la vulnerabilidad en fortaleza.

2.4.2. La capacidad de adaptación como componente de la resiliencia

La resiliencia comunitaria ha sido ampliamente estudiada como un proceso que integra la capacidad de adaptación. Según Sandoval-Díaz et al. (2023), la resiliencia no puede entenderse sin considerar la habilidad de las comunidades para ajustar sus prácticas y estructuras frente a desastres socionaturales. La capacidad de adaptación, en este marco, se convierte en el motor que permite a las comunidades reorganizarse y mantener su cohesión social en contextos de crisis.

Un aspecto clave de la capacidad de adaptación es su carácter multidimensional. No se trata únicamente de reconstruir infraestructuras dañadas, sino de fortalecer las redes sociales, los sistemas de gobernanza y las prácticas culturales que permiten enfrentar los desastres. Díaz Arcaño y Lorenzo Ruiz (2023) señalan que la resiliencia individual y comunitaria depende de la capacidad de reorganizarse y mantener funciones esenciales frente a crisis, lo que implica un proceso de aprendizaje continuo.

La capacidad de adaptación también se relaciona con la memoria histórica de los desastres. Sandoval-Díaz et al. (2023) destacan que las comunidades que han enfrentado eventos adversos desarrollan aprendizajes que fortalecen su capacidad de respuesta futura. Este proceso de acumulación de experiencias constituye una base fundamental para la resiliencia comunitaria.

La capacidad de adaptación se construye en interacción con factores externos como las políticas públicas y el apoyo institucional. Bocco (2019) subraya que la resiliencia se fortalece cuando las comunidades cuentan con recursos y apoyo para implementar sus estrategias de adaptación. De esta manera, la capacidad de adaptación se convierte en un puente entre la acción local y las estructuras globales de gestión del riesgo.

2.4.3. Perspectiva latinoamericana: adaptación en comunidades vulnerables

En América Latina, la capacidad de adaptación ha sido analizada como un factor clave para enfrentar desastres socionaturales. Sandoval-Díaz et al. (2023) destacan que las comunidades de la región desarrollan mecanismos de adaptación basados en la cooperación, la memoria histórica de desastres y la organización comunitaria. Estos elementos permiten que las poblaciones incrementen su resiliencia frente a amenazas recurrentes.

La experiencia latinoamericana muestra que la capacidad de adaptación se construye en contextos de alta vulnerabilidad. Díaz Arcaño y Lorenzo Ruiz (2023) señalan que las comunidades, al enfrentar desastres recurrentes, desarrollan estrategias de supervivencia que incluyen la solidaridad, la autogestión y la innovación local. Estas prácticas, aunque muchas veces informales, constituyen mecanismos efectivos de adaptación que permiten reducir los impactos de los desastres.

Asimismo, la capacidad de adaptación en América Latina se ve condicionada por factores estructurales como la desigualdad social y la debilidad institucional. Sin embargo, estas limitaciones también generan oportunidades para el desarrollo de respuestas comunitarias innovadoras. Sandoval-Díaz et al. (2023) enfatizan que la memoria histórica de desastres y la organización comunitaria son elementos clave para fortalecer la capacidad de adaptación en la región.

Por ende, la cooperación regional y el intercambio de experiencias entre países latinoamericanos han permitido construir estrategias más robustas de adaptación y resiliencia. Bocco (2019) sostiene que la integración de saberes locales y regionales constituye una herramienta fundamental para enfrentar los desafíos comunes de la región.

2.4.4. La capacidad de adaptación en el contexto chileno

En Chile, la capacidad de adaptación ha sido objeto de estudios que evidencian cómo las comunidades enfrentan riesgos naturales desde sus propias realidades territoriales. Fuentes Aguilar y D'Silva Signe (2025) señalan que las comunidades del Biobío han desarrollado estrategias de adaptación y resiliencia ante desastres, integrando prácticas locales y apoyo institucional. Estos hallazgos muestran que la adaptación es un proceso contextual, condicionado por las características propias de cada territorio.

Aguilera y Villagra (2023) destacan que las comunidades urbanas y rurales de la comuna de Corral presentan contrastes en su capacidad de adaptación, dependiendo de factores territoriales, sociales y económicos. Mientras las comunidades rurales desarrollan estrategias basadas en la cooperación y el conocimiento local, las comunidades urbanas dependen en mayor medida de la infraestructura y el apoyo institucional.

Alzugaray Ponce y Fuentes Aguilar (2021) enfatizan que la resiliencia comunitaria en Chile se construye a partir de las percepciones y prácticas de líderes comunitarios, quienes reconocen la adaptación como un proceso dinámico y colectivo. La capacidad de adaptación, en este marco, se convierte en un elemento central para fortalecer la cohesión social y reducir la vulnerabilidad frente a los desastres.

En consecuencia, la capacidad de adaptación en Chile se encuentra en constante evolución. Los desastres recurrentes, como terremotos e inundaciones, han generado procesos de aprendizaje que fortalecen la respuesta comunitaria. Estos procesos, al integrarse con el apoyo institucional y las políticas públicas, permiten construir estrategias más robustas de adaptación y resiliencia (Ministerio del Medio Ambiente de Chile, 2025).

2.4.5. La adaptación como política pública en Chile

Más allá de las comunidades, la capacidad de adaptación también debe ser considerada en el ámbito institucional y normativo. El Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2025) subraya que la adaptación debe integrarse en las políticas públicas de gestión del riesgo y cambio climático, vinculando la planificación territorial con estrategias de reducción de vulnerabilidad. Este enfoque evidencia que la capacidad de adaptación no solo depende de las comunidades, sino también de la institucionalidad.

La integración de la capacidad de adaptación en las políticas públicas permite construir un marco más sólido para la gestión del riesgo. Aguilar y D'Silva Signe (2025) señalan que la resiliencia comunitaria se fortalece cuando existe una articulación entre las prácticas locales y las políticas institucionales. De esta manera, la capacidad de adaptación se convierte en un elemento central para la reducción de la vulnerabilidad.

Asimismo, la planificación territorial juega un rol clave en la construcción de la capacidad de adaptación. Aguilera y Villagra (2023) destacan que la incorporación del riesgo en los instrumentos de planificación urbana y ambiental permite reducir la exposición de las comunidades y fortalecer su capacidad de respuesta.

Por este motivo, la capacidad de adaptación en el ámbito institucional se relaciona con la gobernanza y la participación ciudadana. Alzugaray Ponce y Fuentes Aguilar (2021) enfatizan que la resiliencia comunitaria se construye a partir de procesos participativos que

reconocen la adaptación como un esfuerzo colectivo. En este sentido, la capacidad de adaptación se convierte en un puente entre la acción comunitaria y las políticas públicas.

En el contexto de la Falla San Ramón, la capacidad de adaptación resulta fundamental para comprender la vulnerabilidad educativa de las personas que habitan en Peñalolén, ya que esta dimensión refleja el nivel de conocimientos, percepciones y prácticas que la comunidad desarrolla para enfrentar un riesgo sísmico de origen local. Tal como sostienen Bocco (2019) y Sandoval-Díaz et al. (2023), la adaptación es un proceso dinámico basado en el aprendizaje, la reorganización y la participación social, elementos que permiten disminuir la vulnerabilidad en contextos de desastre. En este sentido, la falta de información sobre la falla, la baja percepción del riesgo y la escasa preparación práctica incrementan la vulnerabilidad educativa, reduciendo la capacidad de las personas para reconocer señales de peligro y actuar de forma adecuada durante un evento sísmico mayor. Dado que la Falla San Ramón se emplaza directamente bajo zonas densamente pobladas de Peñalolén, la capacidad de adaptación expresada en conocimiento, memoria de desastres, organización comunitaria y prácticas preventivas se convierte en un componente clave para evaluar el nivel de vulnerabilidad de la población frente a un posible sismo cortical. Así, esta categoría teórica aporta directamente al problema de investigación, al permitir identificar las brechas educativas que limitan la preparación de las comunidades expuestas a la Falla San Ramón y que, en consecuencia, aumentan el riesgo de impacto frente a futuros eventos sísmicos.

CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO

3.1. Enfoque metodológico

La presente investigación se sustenta en un enfoque mixto, el cual articula técnicas cuantitativas y cualitativas de acuerdo con la naturaleza de cada objetivo específico. Este enfoque se justifica en la necesidad de comprender un fenómeno complejo como la vulnerabilidad educativa en territorios expuestos diferencialmente al riesgo sísmico de la falla de San Ramón. Tal como señalan Hernández Sampieri, Fernández-Collado y Baptista (2014), los estudios mixtos permiten integrar mediciones objetivas con interpretaciones contextuales, generando una visión más completa de los procesos sociales. En este sentido,

el enfoque mixto resulta pertinente para abordar tanto la dimensión territorial y estadística del crecimiento urbano como las percepciones y saberes locales sobre el riesgo.

El componente cuantitativo se aplicará en los objetivos específicos orientados a la caracterización de variables territoriales y educativas. En particular, se utilizarán datos estadísticos y geoespaciales para analizar la evolución del crecimiento urbano entre 1990 y 2024, con énfasis en la expansión hacia las zonas próximas a la falla de San Ramón. Asimismo, se emplearán indicadores de acceso a infraestructura escolar, cobertura educativa y condiciones socioeducativas para describir los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena. Este enfoque permitirá establecer comparaciones objetivas entre territorios con distinta exposición al riesgo sísmico.

Por su parte, el componente cualitativo se aplicará en el objetivo específico orientado a evaluar niveles de vulnerabilidad educativa de los habitantes sobre el riesgo sísmico. Se realizarán encuestas y entrevistas semiestructuradas en unidades vecinales de Peñalolén Alto y La Faena, con el fin de explorar percepciones, saberes locales y prácticas de preparación ante emergencias. Como señalan Sandoval-Díaz, Navarrete Muñoz y Cuadra Martínez (2023), la integración de percepciones comunitarias permite comprender cómo se construye el conocimiento social en contextos de riesgo y cómo este influye en la capacidad de adaptación y resiliencia.

Este enfoque metodológico mixto permitirá articular variables territoriales, educativas y sociales, generando una comprensión integral del fenómeno. La combinación de ambos enfoques no solamente fortalece la validez de los resultados, sino que también posibilita un análisis comparativo más robusto entre comunidades con distinta exposición a la falla de San Ramón.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación de la presente propuesta es descriptivo y comparativo, articulado dentro de un enfoque metodológico mixto. Los estudios descriptivos, como señalan Hernández Sampieri y Fernández-Collado (2014), “buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier

otro fenómeno que se someta a un análisis" (p. 200). En este sentido, describir implica medir, ya que se pretende recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables que forman parte del fenómeno de interés. Dichos estudios permiten evaluar diversos aspectos, dimensiones y componentes de un fenómeno, integrando las mediciones de cada variable para comprender cómo se manifiesta en su totalidad (Hernández Sampieri & Fernández-Collado, 2014, pp. 200–202).

La investigación descriptiva resulta pertinente para este trabajo, dado que busca caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en la comuna de Peñalolén, considerando indicadores como acceso a infraestructura escolar, cobertura educativa y condiciones socioeducativas. Este tipo de estudio permite establecer un perfil detallado de las comunidades que habitan tanto en zonas próximas como aquellas menos expuestas a la falla de San Ramón, aportando evidencia sobre las diferencias en sus condiciones educativas y sociales.

Por otra parte, el carácter comparativo de la investigación se justifica en la necesidad de analizar las similitudes y diferencias entre territorios con distinta exposición al riesgo sísmico. Según Sampieri (2010), "en ciertas ocasiones, el investigador pretende realizar descripciones comparativas entre grupos o subgrupos de personas u otros seres vivos, objetos, comunidades o indicadores" (p. 153). En este caso, la comparación entre Peñalolén Alto y La Faena permitirá observar el comportamiento de las variables educativas y sociales en contextos diferenciados por su cercanía a la falla de San Ramón.

El diseño descriptivo y comparativo se ajusta de manera adecuada a los objetivos de la investigación, ya que posibilita caracterizar las condiciones educativas en contextos de riesgo y establecer diferencias significativas entre comunidades con distinta exposición territorial. La combinación de ambos enfoques fortalece la validez del estudio y permite una comprensión más integral del fenómeno, articulando variables territoriales, educativas y sociales.

Tabla N°1. Tipos de estudio:

Tipos de estudios y su relación con los objetivos específicos
OE1: Analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén entre 1990 y 2024, destacando su expansión hacia las zonas cercanas a la Falla San Ramón.

Tipo Descriptivo:	Tipo Comparativo:
Es tipo permite describir la expansión urbana utilizando análisis SIG, imágenes satelitales Landsat, NDBI y cartografía histórica. Se identifican patrones espaciales, direcciones de crecimiento, densificación y cambios en el uso del suelo.	Comparar los períodos 1990 y 2024 para determinar diferencias en superficie urbanizada y crecimiento hacia zonas de mayor exposición a la Falla San Ramón.
OE2: Caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena	
Enfoque Descriptivo:	Enfoque Comparativo:
Este tipo permite describir los niveles de vulnerabilidad educativa de las personas mediante encuestas (escolaridad, alfabetización funcional, años de estudio, acceso a información de riesgo), complementado con entrevistas semiestructuradas que profundizan en factores educativos y percepciones personales.	Comparar los niveles de vulnerabilidad educativa entre Peñalolén Alto y La Faena, identificando diferencias en escolaridad, comprensión del riesgo sísmico, acceso a información y capacidades individuales para enfrentar desastres.
OE3: Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.	
Enfoque Descriptivo:	Enfoque Comparativo:
Este tipo describir cómo se distribuye la vulnerabilidad educativa dentro de zonas de distinta exposición al riesgo (buffer de 200 m, 500 m y 1 km). Las encuestas permiten medir niveles de conocimiento, escolaridad y preparación frente a emergencias; las entrevistas identifican percepciones y prácticas.	Permite comparar los niveles de vulnerabilidad educativa entre zonas altamente expuestas y zonas menos expuestas a la Falla San Ramón, evaluando si la proximidad al riesgo está asociada a menor o mayor capacidad de adaptación y preparación educativa para enfrentar un evento sísmico.

(Elaboración Propia,2025)

3.3. Diseño Metodológico

3.3.1. Tipo de muestreo

La investigación se desarrolló a escala comunal y barrial, con un enfoque territorial centrado en las unidades vecinales de la comuna de Peñalolén. Se analizaron específicamente los sectores de La Faena y Peñalolén Alto, correspondientes a las unidades vecinales N°15 y N°16 en el caso de La Faena, y N°1 y N°2 en el caso de Peñalolén Alto. Esta delimitación

permitió abordar el estudio con mayor precisión espacial, considerando las diferencias en exposición al riesgo sísmico asociado a la falla de San Ramón. Según el Censo 2024, la población total de la comuna asciende a 236.478 habitantes, distribuidos en 75.509 viviendas, concentrándose las mayores densidades habitacionales en los sectores más antiguos de la comuna.

El universo de esta investigación comprende aproximadamente 43.811 residentes en Peñalolén Alto zona caracterizada por mayor vulnerabilidad territorial y 31.611 residentes en La Faena sector con menor exposición directa a la falla (Bresciani, Hidalgo, & de Mattos, 2022; Inzulza, Vergara, & Rojas, 2021).

Para abordar esta diversidad territorial, se definió un diseño muestral no probabilístico por conveniencia, en el que los participantes se seleccionan en función de su accesibilidad y disposición para participar en el estudio. Este tipo de muestreo se utiliza cuando el investigador selecciona a los sujetos por su cercanía y disponibilidad, lo que permite avanzar en la recolección de datos en contextos donde el acceso está condicionado por factores logísticos y de recursos (Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista, 2014).

En concreto, se contempla la aplicación de 80 encuestas distribuidas entre ambos sectores, complementadas por entrevistas semiestructuradas en cada unidad vecinal (entre 1 y 2 por unidad). La selección de entrevistados se realizó según los siguientes criterios:

- Diversidad territorial y socioeducativa: se buscó incluir participantes que representen distintos perfiles dentro de cada unidad vecinal, considerando edad, género, nivel educativo y experiencia en el territorio.
- Accesibilidad y disposición: se priorizó a personas que puedan ser contactadas directamente en terreno y que manifiesten interés en participar voluntariamente.
- Complementariedad con encuestas: las entrevistas no necesariamente serán aplicadas a los mismos sujetos encuestados, sino que se seleccionarán estratégicamente para profundizar en aspectos cualitativos que complementen los datos cuantitativos.

Tabla N°2: Distribución de entrevistas y encuestas por barrio y unidad vecinal en Peñalolén.

Barrios	Unidad Vecinal	Rango Etario	Instrumento	Cantidad
La Faena	15 y 16	20-30 años	Encuestas Entrevistas	Encuestas: 50 Entrevistas: 1 o 2
L Faena	15 y 16	40- 60 años		
Peñalolén Alto	1 y 2	20-30 años		
Peñalolén Alto	1 y 2	40- 60 años		

(Elaboración Propia,2025)

Este tipo de muestra no puede calcularse mediante la probabilidad y, por lo tanto, no requiere de operaciones estadísticas ni tampoco se pueden generalizar los resultados que se deriven de ella. Independientemente de esto, en ningún momento los estudios mencionados describen que tipo de variante no probabilística se utilizó. (Hernández González,2021).

En otras palabras, se elige a los participantes que están más disponibles o que son más fáciles de reclutar, sin considerar una representación aleatoria de toda la población objetivo.

3.3.2. Unidad de Análisis

La unidad de análisis indica quienes van a ser medidos, es decir, los participantes, fenómenos o casos (Sampieri, 2010), en otras palabras, quien o que será objeto de investigación.

Tabla N°3: Unidad de análisis

Objetivo General						
Analizar cómo el crecimiento urbano y la vulnerabilidad educativa influyen en la capacidad de adaptación de la comuna de Peñalolén frente al riesgo asociado a la Falla San Ramón.						
Objetivos específicos	Dimensiones	Variables	Subvariables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
EO1: Analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén entre 1990 y 2024, destacando su	Temporalidad urbana Proximidad geológica	Expansión territorial	Periodos de crecimiento	Superficie urbanizada por década. Proximidad de nueva urbanización a la falla	Revisión documental y análisis cartográfico Georreferenciación y	Imágenes satelitales Planos reguladores Mapas históricos ArcGIS Pro.

expansión hacia las zonas cercanas a la Falla San Ramón.					análisis espacial	
EO2: Caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.	Vulnerabilidad educativa	Condiciones socioeducativas	Acceso a infraestructura escolar Cobertura educativa	Porcentaje de cobertura escolar Disponibilidad de equipamiento educativo	Encuestas estructuradas Observación directa	Cuestionarios aplicados en terreno Ficha de observación territorial
EO3: Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.	Comparación territorial Percepción de riesgo	Nivel de conocimiento sobre la falla Prácticas de preparación	Identificación de amenazas Participación comunitaria	Porcentaje de habitantes que identifican la falla como amenaza Frecuencia de acceso a información Participación en instancias de preparación	Entrevistas semiestructuradas Encuestas comparativas Observación directa	Guías de entrevista Cuestionarios aplicado en terreno Registros comunitarios

(Elaboración Propia,2025)

3.3.3. Técnica e Instrumento de recolección

En el siguiente apartado se describen las técnicas que se utilizan para la recolección de información según los objetivos específicos.

- **Objetivo Especifico N°1:** Analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén entre 1990 y 2024, destacando su expansión hacia la Falla San Ramón.

Para analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén hacia la falla de San Ramón, se utilizó imágenes satelitales de alta resolución y herramientas de análisis geoespacial.

Imágenes Satelitales: Se emplearán imágenes obtenidas de satélites como Landsat 4,5,8 y Sentinel-2, disponibles en plataformas como Earth Explorer y Copernicus Browser. Se seleccionarán imágenes satelitales correspondientes a intervalos de 10 años, con excepción del último periodo, que abarcará un intervalo de 4 años. El análisis abarcará desde el año 1990 hasta el 2024, con el propósito de capturar la evolución temporal del crecimiento urbano en la zona de estudio.

Esta estrategia permitirá capturar con mayor precisión la evolución temporal de la expansión urbana en la zona de estudio. Las imágenes utilizadas presentan resoluciones espaciales que varían entre los 30 metros (Landsat) y los 10 metros (Sentinel-2), lo que facilita la identificación de patrones de ocupación del suelo y cambios significativos en la cobertura urbana a lo largo del tiempo.

Preprocesamiento de Imágenes: Las imágenes descargadas serán sometidas a un proceso de corrección radiométrica y atmosférica para mejorar su calidad y precisión. Además, se realizará la georreferenciación de las imágenes para asegurar su correcta superposición y comparación a lo largo del tiempo.

Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (SIG): Las imágenes preprocesadas se integrarán en un software SIG, como ArcGIS Pro, para su análisis. Se aplicarán técnicas de clasificación supervisada y no supervisada para identificar y mapear áreas urbanas. Posteriormente, se realizará un análisis de cambios en el uso del suelo mediante la comparación de las imágenes de diferentes años, lo que permitirá cuantificar y visualizar la expansión urbana hacia la falla de San Ramón.

Tabla N°4: Secuencia metodológica para el análisis del crecimiento urbano en Peñalolén mediante ArcGIS Pro (1990–2024)

N°	Actividad	Técnica en ArcGIS Pro	Resultado esperado
1	Recolección de datos:	Importar imágenes satelitales y cartografía base (1990–2024).	Capas temporales de la comuna y trazado de la Falla San Ramón.
2	Preparación de datos:	Definir proyección y recortar a límite comunal.	Capas estandarizadas sobre Peñalolén.
3	Delimitación de áreas urbanas:	Clasificación supervisada/no supervisada de imágenes satelitales, o digitalización manual según calidad.	Polígonos de superficie urbana para 1990, 2000, 2010, 2020, 2024.
4	Superposición con la falla:	Integrar capa oficial de la Falla San Ramón sobre las superficies urbanas.	Mapa de expansión urbana en relación con la falla.
5	Medición del crecimiento urbano:	Calcular superficie urbanizada en cada año.	Datos cuantitativos de evolución urbana.
6	Análisis comparativo:	Comparar superficies y generar estadísticas.	Tasas de crecimiento urbano por década.
7	Visualización:	Crear mapas temáticos y series temporales de urbanización.	Mapas comparativos (1990–2024).
8	Presentación de resultados:	Diseño final de mapas y gráficos.	Producto cartográfico con evidencia visual.

(Elaboración Propia,2025)

- **Objetivo Especifico N°2:** Caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.

Para caracterizar la vulnerabilidad educativa de los habitantes de Peñalolén Alto y La Faena, se desarrollará un proceso metodológico basado en revisión documental, levantamiento de información primaria y análisis comparativo.

En una primera etapa, se realizó una revisión bibliográfica y documental, recopilando estudios previos, estadísticas oficiales y antecedentes vinculados a educación y conocimiento de riesgos en la comuna. Se considerarán fuentes como MINEDUC, INE y la Municipalidad de Peñalolén, con el fin de identificar variables relevantes nivel de escolaridad, edad, conocimientos sobre riesgos naturales y participación en programas educativos que permitan definir los criterios de análisis y la construcción de los instrumentos.

Posteriormente, se diseñó los instrumentos de recolección de información, los cuales incluirán encuestas estructuradas dirigidas a habitantes del sector y entrevistas semiestructuradas a líderes comunitarios y docentes. Las encuestas buscarán medir el nivel de escolaridad, conocimientos sobre prevención y participación en actividades educativas, mientras que las entrevistas complementarán el análisis mediante la exploración de percepciones y experiencias comunitarias.

A continuación, se ejecutó el trabajo de campo, aplicando encuestas a una muestra representativa y realizando entrevistas. La información recopilada será registrada en matrices de datos para su posterior análisis. El procesamiento de los datos permitirá clasificar los niveles de conocimiento en categorías (bajo, medio y alto) y analizar su relación con variables sociodemográficas.

Los resultados se representaron mediante gráficos comparativos, con el objetivo de identificar sectores críticos con mayor vulnerabilidad educativa. A partir de ello, se elaborarán recomendaciones orientadas a fortalecer la educación y la resiliencia comunitaria a través de talleres, campañas formativas y programas locales de preparación ante riesgos.

Tabla N°5: Secuencia metodológica para el caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.

N°	Actividad	Técnica	Resultado esperado
1	Revisión bibliográfica y documental	Análisis de antecedentes	Identificación de variables relevantes de vulnerabilidad educativa y conocimientos sobre riesgos
2	Diseño de instrumentos de recolección	Elaboración de encuestas y entrevistas	Instrumentos validados que midan conocimientos sobre riesgos, prevención y educación
3	Trabajo de campo	Aplicación de encuestas y entrevistas	Base de datos primaria con información de los habitantes de Peñalolén Alto y La Faena
4	Procesamiento y análisis de datos	Clasificación y análisis estadístico	Identificación de niveles de conocimiento (bajo, medio, alto) y sectores con mayor vulnerabilidad educativa

5	Representación de resultados	Visualización de información	Representación clara de la vulnerabilidad educativa por sector y grupo poblacional
6	Síntesis y conclusiones	Integración de resultados	Determinación de áreas críticas y propuestas de intervención educativa y de sensibilización

(Elaboración Propia,2025)

- **Objetivo Especifico N°3:** Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.

Para el cumplimiento del objetivo específico N°3 Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y menos expuestas a la falla de San Ramón, se utilizaron técnicas de recolección de datos cuantitativas y cualitativas, en coherencia con el enfoque metodológico mixto de la investigación.

Desde el componente cuantitativo, se aplicaron encuestas estructuradas en terreno, dirigidas a residentes de las unidades vecinales N°1 y N°2 (Peñalolén Alto) y N°15 y N°16 (La Faena). Estas encuestas permitieron recopilar información sobre condiciones socioeducativas, acceso a infraestructura escolar, cobertura educativa y percepción del riesgo sísmico. La técnica de encuesta es adecuada para obtener datos comparables entre territorios, facilitando el análisis estadístico de diferencias en los niveles de vulnerabilidad educativa (Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista, 2014).

Desde el componente cualitativo, se realizaron entrevistas semiestructuradas a habitantes seleccionados estratégicamente en cada unidad vecinal. Estas entrevistas permitieron profundizar en las percepciones, saberes locales y prácticas de preparación ante emergencias, aportando una comprensión más rica del conocimiento comunitario sobre el riesgo sísmico y su relación con la vulnerabilidad educativa. La entrevista semiestructurada es especialmente útil para explorar significados y experiencias en contextos de riesgo (Sandoval-Díaz, Navarrete Muñoz, & Cuadra Martínez, 2023).

Los instrumentos utilizados fueron:

- Cuestionario estructurado para encuestas, diseñado con preguntas cerradas y escala de respuesta.
- Guía de entrevista semiestructurada, con preguntas abiertas orientadas a explorar conocimientos, prácticas y percepciones.
- Ficha de observación territorial, utilizada para registrar condiciones educativas y comunitarias en terreno.

Esta combinación de técnicas e instrumentos permitió comparar de manera integral las condiciones educativas entre zonas con distinta exposición a la falla de San Ramón, fortaleciendo la validez del análisis territorial y social.

Tabla N°6: Secuencia metodológica para analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.

N°	Actividad	Técnica en ArcGIS Pro	Resultado esperado
1	Recolección de datos:	Importar cartografía base, capas de unidades vecinales, y datos de infraestructura escolar	Base territorial con delimitación de Peñalolén Alto y La Faena, y equipamiento educativo
2	Preparación de datos:	Recorte de capas al límite comunal y normalización de atributos	Capas estandarizadas para análisis comparativo entre zonas expuestas y menos expuestas
3	Delimitación de áreas urbanas:	Levantamiento de datos socioeducativos en UV 1, 2, 15 y 16	Datos primarios sobre acceso, cobertura y percepción del riesgo sísmico
4	Superposición con la falla:	Ubicar espacialmente encuestados y entrevistados según unidad vecinal	Mapa de distribución de respuestas por zona y perfil educativo
5	Medición del crecimiento urbano:	Incorporar resultados de entrevistas semiestructuradas en atributos vectoriales	Enriquecimiento de capas con percepciones sobre riesgo y preparación comunitaria
6	Análisis comparativo:	Cruce de variables educativas con proximidad a la falla de San Ramón	Identificación de diferencias en vulnerabilidad educativa entre zonas
7	Visualización:	Elaboración de mapas comparativos por dimensión educativa y exposición al riesgo	Mapas temáticos que evidencien desigualdades territoriales
8	Presentación de resultados:	Diseño final de mapas, gráficos y síntesis narrativa	Producto cartográfico y analítico para el capítulo de resultados

(Elaboración Propia,2025)

3.3.4. Técnicas de Procesamiento

Objetivo del Análisis: El objetivo específico N°1 es analizar cómo ha evolucionado el crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén en dirección a la falla de San Ramón, identificando patrones y factores que han influido en esta expansión.

Para analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén hacia la falla de San Ramón, utilizaremos una combinación de técnicas de análisis espacial, temporal y estadístico. Este enfoque nos permitirá comprender cómo ha cambiado el uso del suelo y la expansión urbana en esta área específica a lo largo del tiempo.

Recolección de Imágenes Satelitales:

- Obtener imágenes satelitales de Peñalolén de diferentes años.
- Digitalizar y georreferenciar mapas históricos para integrarlos en el SIG.

Para el cumplimiento del objetivo específico N°1 Analizar cómo ha evolucionado el crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén en dirección a la falla de San Ramón, se aplicó el Índice de Diferencia Normalizada para Áreas Construidas (NDBI, por sus siglas en inglés). Este índice espectral es ampliamente utilizado en estudios de teledetección y planificación urbana, ya que permite identificar superficies construidas a partir de la reflectancia diferencial entre el infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR) (Zha, Gao, & Ni, 2003).

El NDBI se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NDBI\,\frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Donde:

- SWIR corresponde a la reflectancia en el infrarrojo de onda corta.
- NIR corresponde a la reflectancia en el infrarrojo cercano.

Las superficies urbanas tienden a reflejar más en el SWIR que en el NIR, lo que genera valores positivos de NDBI, mientras que la vegetación y cuerpos de agua presentan valores negativos o bajos. Esta propiedad convierte al NDBI en una herramienta eficaz para diferenciar áreas construidas de otras coberturas del suelo (Montealegre Medina, Gaspari, & Perdomo, 2021).

En este estudio se seleccionaron imágenes satelitales de los años 1990, 2000, 2010, 2020 y 2024, procesadas en software SIG (ArcGIS Pro). Se aplicaron correcciones atmosféricas y recortes al límite comunal de Peñalolén, para luego calcular el NDBI en cada periodo. Los resultados se representaron en mapas temáticos que muestran la evolución de la superficie urbanizada y su aproximación a la falla de San Ramón.

El uso del NDBI permitió:

- Detectar cambios multitemporales en la superficie construida.
- Cuantificar la expansión urbana por década.
- Visualizar patrones espaciales de crecimiento hacia zonas de mayor riesgo sísmico.
- Integrar análisis estadísticos sobre tasas de crecimiento urbano y densidad poblacional.

De esta manera, el NDBI se constituye en un insumo metodológico clave para comprender la relación entre el crecimiento urbano y la exposición territorial al riesgo sísmico en Peñalolén.

Tabla N°7: Metodología del objetivo

Metodología del objetivo	Procedimiento	Resultado esperado
Análisis Espacial	-Aplicar el índice NDBI sobre imágenes satelitales Landsat y Sentinel-2 para identificar áreas construidas.	Mapas de superficie urbanizada por periodo, con delimitación de zonas próximas a la falla.

	-Clasificar el terreno en categorías: áreas residenciales, comerciales, industriales y espacios verdes.	
Análisis Temporal	-Crear una serie temporal de mapas NDBI (1990–2024). -Superponer resultados para visualizar la expansión urbana hacia la falla.	Secuencia comparativa de mapas que muestran la evolución del crecimiento urbano.
Análisis Estadístico	-Calcular superficie urbanizada por década y tasa de crecimiento urbano. -Relacionar resultados con densidad poblacional y proximidad a la falla.	Datos cuantitativos de evolución urbana y tendencias de expansión hacia zonas de riesgo.
Procedimiento Analítico	-Descarga y procesamiento de imágenes satelitales históricas y actuales. -Cálculo del NDBI mediante álgebra de mapas en ArcGIS. -Comparación de valores NDBI entre periodos. -Integración con datos sociodemográficos.	Mapas comparativos, estadísticas descriptivas y análisis de tendencias.
Síntesis	-Integrar resultados espaciales, temporales y estadísticos en un informe comprensivo. -Interpretar hallazgos en relación con factores socioeconómicos y políticas urbanas.	

(Elaboración Propia,2025)

Objetivo del análisis: Objetivo Especifico N°2 es caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.

Para el procesamiento de la información del Objetivo Específico N°2, se aplicó una técnica de codificación orientada específicamente a evaluar la vulnerabilidad educativa de las personas. Las encuestas y entrevistas fueron sistematizadas en matrices de análisis que permitieron organizar datos vinculados a escolaridad, comprensión del riesgo sísmico, acceso a información preventiva, habilidades de respuesta ante emergencias y participación en actividades educativas comunitarias. Siguiendo lineamientos metodológicos de estudios mixtos propuestos por Sampieri (2014), este procedimiento permitió transformar respuestas individuales en indicadores comparables entre los habitantes de Peñalolén Alto y La Faena.

Cada variable asociada a la vulnerabilidad educativa personal fue codificada en categorías de Bajo, Medio y Alto, considerando la distribución de los datos y su relevancia para la construcción del perfil educativo de los participantes. Esta clasificación permitió identificar brechas específicas en el nivel de conocimiento, en la capacidad de reconocer amenazas sísmicas y en la preparación práctica de las personas frente a un evento mayor. El proceso de codificación garantizó coherencia analítica, facilitando la comparación directa entre grupos poblacionales que habitan territorios con diferente exposición geológica a la Falla San Ramón.

Una vez generadas las matrices, se realizarán cruces analíticos entre las variables educativas y las variables sociodemográficas de los participantes, lo que permitió examinar cómo aspectos como edad, nivel educativo formal, trayectoria residencial o participación comunitaria influyen directamente en la vulnerabilidad educativa de las personas. Este procesamiento integrado permitió identificar perfiles educativos diferenciados y niveles de preparación y comprensión del riesgo que varían entre Peñalolén Alto y La Faena. Los resultados proporcionaron insumos sólidos para caracterizar la vulnerabilidad educativa de las personas desde una perspectiva territorial, permitiendo posteriormente su representación en gráficos, tablas.

Tabla N°8: Variables metodológicas

Variables	
Condiciones de Escolaridad y Acceso Educativo	La escolaridad constituye un factor clave de vulnerabilidad educativa, ya que condiciona la capacidad de comprensión del riesgo y la apropiación de información preventiva. En Chile, la Ley General de Educación establece las bases del sistema escolar y sus niveles formales (Ministerio de Educación de Chile, 2009). Además, estudios señalan que el modelo educativo chileno, altamente segmentado, influye en las oportunidades de aprendizaje y resiliencia comunitaria (Villalobos & Quaresma, 2015).
Acceso y Comprensión de	El acceso a información preventiva es fundamental para reducir la vulnerabilidad educativa frente a desastres. En Chile, el Ministerio de Educación ha implementado el Plan Integral de Seguridad

Información Preventiva	Escolar como estrategia para garantizar que estudiantes y comunidades reciban información sobre riesgos sísmicos (Ministerio de Educación de Chile, 2025). Asimismo, el Consejo para la Transparencia (2024) reconoce que la disponibilidad de información pública fortalece la capacidad de respuesta ciudadana.
Preparación Práctica ante Emergencias	La preparación práctica, expresada en simulacros y planes escolares, constituye un componente esencial de la resiliencia comunitaria. En Chile, el *Plan Integral de Seguridad Educativa (PISE)* y los manuales de prevención de la Superintendencia de Educación buscan que las comunidades escolares desarrollen habilidades concretas para enfrentar emergencias (Superintendencia de Educación, 2023; Ministerio de Educación de Chile, 2025).
Percepción del Crecimiento Urbano	La percepción del crecimiento urbano influye directamente en cómo las comunidades evalúan la calidad de vida y el riesgo sísmico. En Santiago, estudios han demostrado que la expansión urbana hacia el oriente ha incrementado la exposición de la población a la Falla San Ramón, generando tensiones entre planificación y sostenibilidad (Schuster-Olbrich, Vich, & Miralles-Guasch, 2024; Centro de Estudios de Ciudad y Territorio, 2022).

(Elaboración Propia,2025)

Para evaluar de manera integrada la condición educativa de los habitantes frente al riesgo sísmico asociado a la Falla San Ramón, se construyó un Índice de Vulnerabilidad Educativa (IVE). Este indicador se elaboró a partir de la codificación de variables clave nivel de escolaridad formal, acceso y comprensión de información preventiva, preparación práctica ante emergencias y participación comunitaria educativa transformando respuestas cualitativas en valores ordinales (1 = ausencia, 2 = parcial, 3 = presencia). El cálculo del índice se realizó mediante el promedio de las dimensiones, lo que permitió obtener un valor único por persona.

Posteriormente, se establecieron rangos de clasificación: Bajo (2.4–3.0), que refleja menor vulnerabilidad educativa; Medio (1.7–2.3), asociado a condiciones intermedias de

preparación; y Alto (1.0–1.6), que evidencia mayor vulnerabilidad por ausencia de escolaridad, información o preparación práctica. Este procedimiento, siguiendo lineamientos de estudios mixtos (Sampieri, 2014) y adaptado a las políticas educativas chilenas (Ministerio de Educación, 2025; Superintendencia de Educación, 2023), garantiza coherencia analítica y permite comparar directamente los perfiles educativos de La Faena y Peñalolén Alto.

Formula del Índice de Vulnerabilidad:

$$\text{IVE} = \frac{\sum_{i=1}^{n} V_i}{n}$$

Donde:

- IVE = Índice de Vulnerabilidad Educativa
- V_i = valor codificado de cada variable (1 = No, 2 = Parcialmente/Ocasionalmente, 3 = Sí)
- n = número de variables consideradas.

Recolección de datos

- Encuestas estructuradas: Permiten obtener información cuantitativa sobre acceso, cobertura y condiciones educativas.
- Entrevistas semiestructuradas: Profundizan en percepciones, conocimientos y prácticas comunitarias.

Tabla N°9: Procesamientos

Metodología del objetivo	Procedimiento	Resultado esperado
Análisis Cuantitativo	Aplicar encuestas estructuradas en unidades vecinales 1, 2, 15 y 16 y procesar datos con estadística descriptiva.	Base de datos con indicadores de acceso y cobertura educativa.
Análisis Cualitativo	Realizar entrevistas semiestructuradas y codificar respuestas en categorías temáticas.	Identificación de percepciones comunitarias sobre vulnerabilidad educativa y riesgo sísmico.

Observación Territorial	Registrar condiciones socioeducativas mediante fichas de observación.	Evidencia directa de diferencias en equipamiento y entorno educativo.
Síntesis	Integrar resultados cuantitativos y cualitativos en perfiles educativos por sector.	

(Elaboración Propia,2025)

Objetivo del análisis: El objetivo específico N°3 es analizar las diferencias en los niveles de vulnerabilidad educativa entre la población que habita en zonas próximas y menos expuestas a la falla de San Ramón.

Este análisis es argumentativamente relevante porque permite demostrar cómo la exposición territorial al riesgo sísmico influye en las condiciones educativas y en la percepción comunitaria del riesgo.

La comparación entre Peñalolén Alto (zona más expuesta) y La Faena (zona menos expuesta) no solo revela desigualdades educativas, sino también diferencias en la capacidad de adaptación comunitaria. Por ello, se aplican técnicas de contraste estadístico y espacial que permiten evidenciar estas diferencias de manera objetiva y verificable.

Recolección de datos

- Contraste de encuestas: comparar indicadores educativos entre zonas expuestas y menos expuestas.
- Comparación cualitativa: analizar diferencias en percepciones y prácticas comunitarias.

Tabla N°10: Procesamientos

Metodología del objetivo	Procedimiento	Resultado esperado
Análisis Comparativo	Contrastar resultados de encuestas entre Peñalolén Alto y La Faena; aplicar pruebas estadísticas básicas.	Identificación de diferencias significativas en vulnerabilidad educativa entre zonas próximas y menos expuestas.

Integración Cualitativa	Comparar percepciones comunitarias obtenidas en entrevistas; identificar patrones diferenciales de conocimiento y preparación.	Evidencia narrativa de cómo la exposición territorial influye en la percepción educativa.
Síntesis	Integrar resultados cuantitativos, cualitativos y espaciales en un informe comparativo.	

(Elaboración Propia,2025)

CAPITULO IV: MARCO DE EXPOSICION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Objetivo específico N°1: Analizar la evolución del crecimiento urbano de la comuna de Peñalolén entre 1990 y 2024, destacando su expansión hacia las zonas cercanas a la Falla San Ramón.

4.1. Evolución del Crecimiento Urbano en Peñalolén (1990–2024)

La evolución del crecimiento urbano en Peñalolén evidencia una tendencia sostenida de expansión hacia el oriente durante las últimas tres décadas, proceso coherente con los patrones identificados por Romero & Ordenes (2004) para Santiago, donde la presión inmobiliaria y el aumento demográfico han impulsado la ocupación de áreas de borde urbano. Este crecimiento, observado mediante el análisis multitemporal de NDBI (1990–2024), revela una transformación profunda del territorio, pasando desde una configuración predominantemente periurbana a una consolidación residencial en sectores históricamente próximos al trazado de la Falla San Ramón.

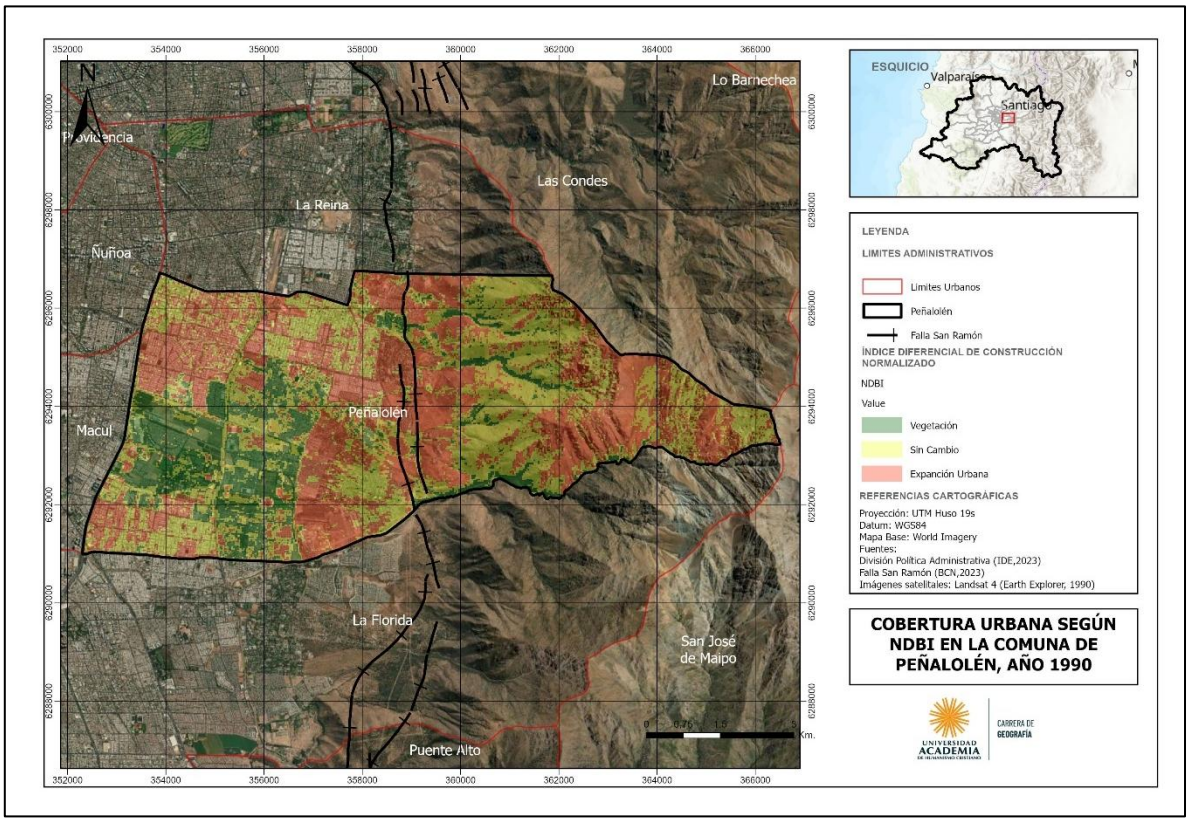
4.1.1 Cartografía comparativa de la mancha urbana

Año 1990

La cartografía correspondiente a 1990 muestra una mancha urbana concentrada en el sector norponiente de Peñalolén, con predominancia de vegetación en las zonas altas y escasa presencia de expansión hacia el oriente. La cobertura construida se limita a áreas consolidadas, mientras que el piedemonte cordillerano permanece mayormente sin

intervención. Esta configuración inicial refleja un patrón de ocupación que aún no presiona los límites naturales del territorio. Desde el marco teórico, esta etapa representa una baja exposición al riesgo de desastre, ya que la amenaza sísmica vinculada a la Falla San Ramón no se intersecta significativamente con la urbanización. La vulnerabilidad educativa en este contexto se mantiene latente, pero no crítica, dado que la infraestructura no se encuentra aún sobre zonas de riesgo geológico.

Figura 7: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 1990.



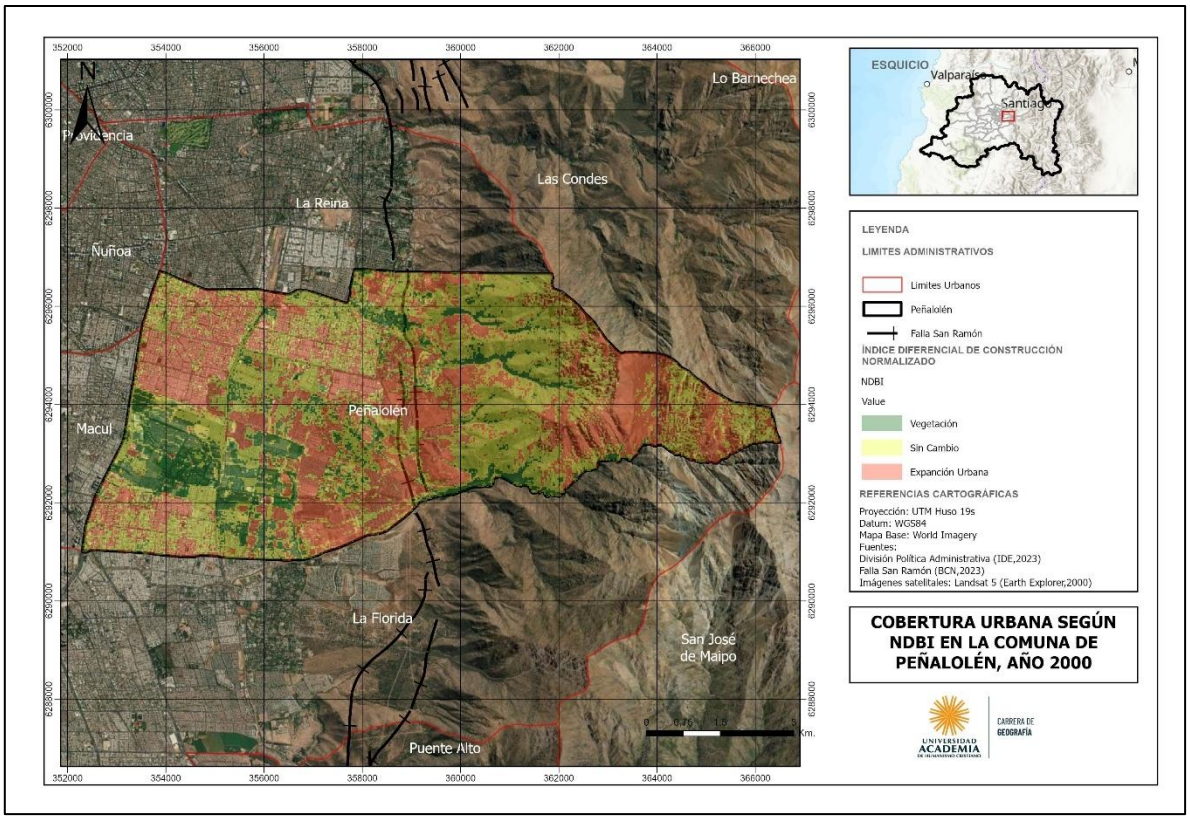
(Elaboración Propia,2025)

Año 2000

Para el año 2000, se observa un incremento significativo de la cobertura urbana hacia el centro de la comuna, con pérdida de vegetación en áreas intermedias. La expansión comienza a acercarse a sectores de mayor pendiente, lo que indica una presión creciente sobre el piedemonte andino. Este patrón se vincula con el modelo de dispersión urbana descrito por el PRMS, que favoreció el crecimiento hacia zonas periféricas sin considerar plenamente los

riesgos geológicos. La amenaza representada por la Falla San Ramón comienza a intersectarse con zonas urbanizadas, lo que incrementa la exposición territorial. Desde el marco teórico, esto implica una transición hacia una mayor vulnerabilidad, especialmente educativa, al comenzar a consolidarse infraestructura en áreas potencialmente sísmicas.

Figura 8: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2000.



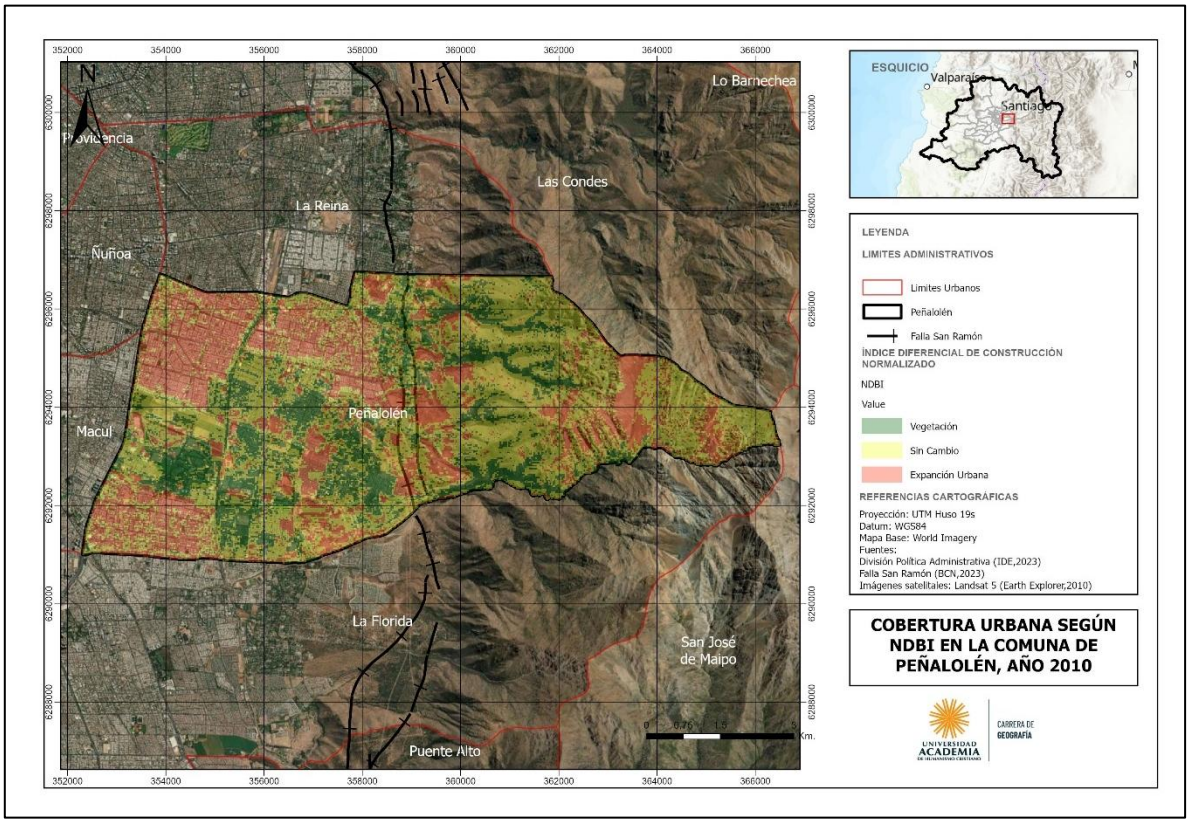
(Elaboración Propia,2025)

Año 2010

La cartografía de 2010 evidencia una intensificación de la expansión urbana en dirección sureste, consolidando asentamientos en sectores cercanos a la traza de la Falla San Ramón. La vegetación remanente se reduce considerablemente, y la urbanización alcanza zonas de mayor pendiente y riesgo geológico. Este avance territorial sobre el piedemonte cordillerano representa una superposición directa entre amenaza y vulnerabilidad, lo que desde el marco teórico configura un riesgo de desastre latente. La infraestructura en estos sectores comienza a presentar condiciones críticas, al combinar exposición física con limitaciones estructurales

y sociales. La capacidad de adaptación se ve comprometida, ya que no existen medidas de mitigación ni planificación preventiva que regulen el crecimiento sobre zonas de falla activa.

Figura 9: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2010.



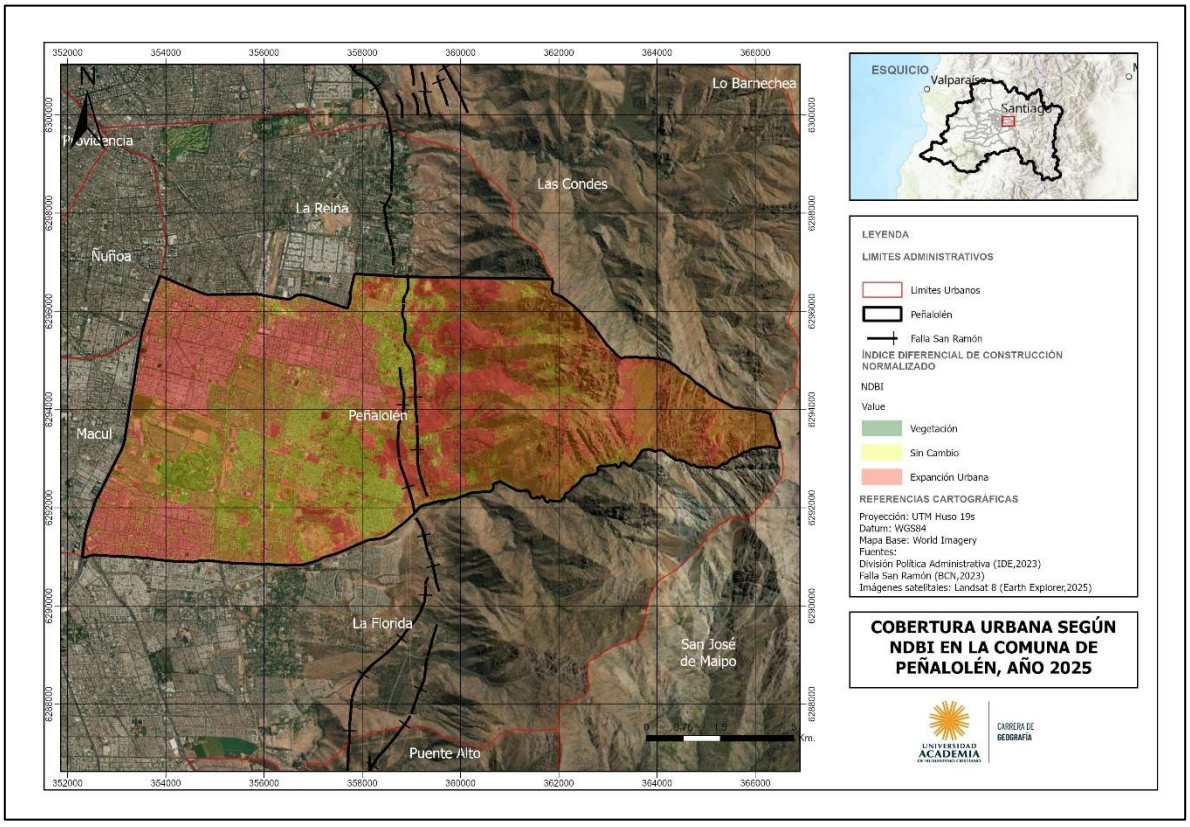
(Elaboración Propia,2025)

Año 2025

La proyección para 2025 muestra una consolidación de la mancha urbana en sectores anteriormente vegetados, con una clara tendencia de ocupación hacia áreas cercanas a la Falla San Ramón. La expansión urbana alcanza zonas de alto riesgo sísmico, lo que plantea desafíos urgentes en términos de sostenibilidad territorial. Desde el marco teórico, esta etapa representa la máxima expresión del riesgo de desastre, al combinar amenaza geológica activa, vulnerabilidad educativa y capacidad de adaptación comunitaria. La cartografía proyectada permite identificar espacialmente los sectores prioritarios para la intervención, especialmente en Peñalolén Alto, donde la infraestructura se encuentra directamente sobre la traza de la

falla. Este escenario exige una integración urgente de la gestión del riesgo en la planificación urbana y educativa, tal como lo plantean Inzulza et al. (2022) y UNESCO (2010).

Figura 10: Índice de NDBI en la Comuna de Peñalolén, 2025.



(Elaboración Propia,2025)

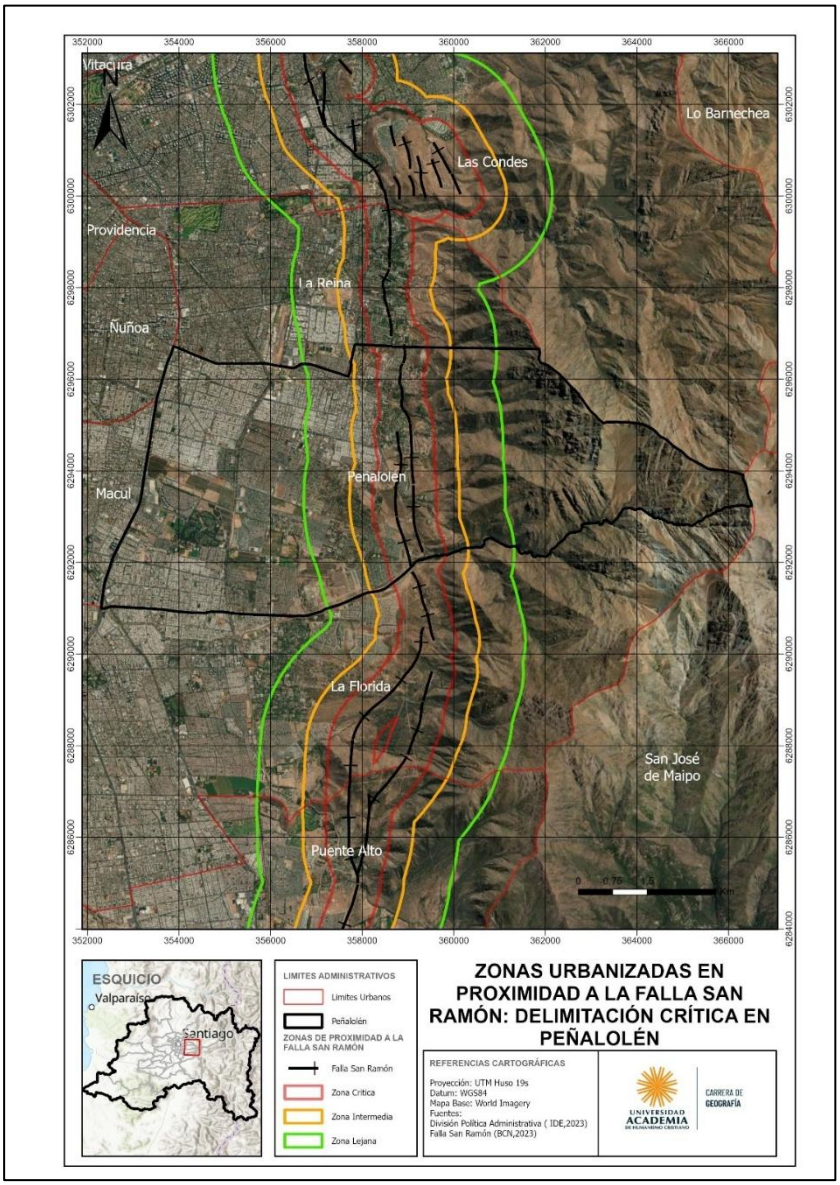
4.1.2 Dinámica de expansión territorial

La dinámica de expansión territorial en Peñalolén se ha intensificado en las últimas décadas, consolidándose sobre zonas de alta exposición sísmica vinculadas a la Falla San Ramón. Las cartografías de proximidad permiten observar cómo el crecimiento urbano ha avanzado desde zonas lejanas hacia zonas intermedias y críticas, tensionando los límites físicos y normativos del territorio. Esta evolución espacial revela una ocupación progresiva del piedemonte andino, donde la amenaza geológica se intersecta directamente con la infraestructura residencial, educativa y comunitaria.

Cartografía de zonas urbanizadas en proximidad a la Falla San Ramón

La primera cartografía delimita tres zonas de exposición: zona lejana (verde), zona intermedia (naranja) y zona crítica (rojo), en relación directa con la traza de la falla. En ella se observa que gran parte de la urbanización consolidada se encuentra en la zona intermedia, mientras que la zona crítica más cercana a la falla presenta áreas de expansión activa. Esta configuración territorial evidencia una presión urbana sobre sectores de mayor riesgo, especialmente en Peñalolén Alto, donde se concentran unidades vecinales con alta densidad poblacional. Desde el marco teórico, esta superposición entre amenaza y ocupación urbana configura un riesgo de desastre latente (García-Tornel, 1984; Easton et al., 2018).

Figura 11: Zona urbanizadas en proximidad a la falla de San Ramón



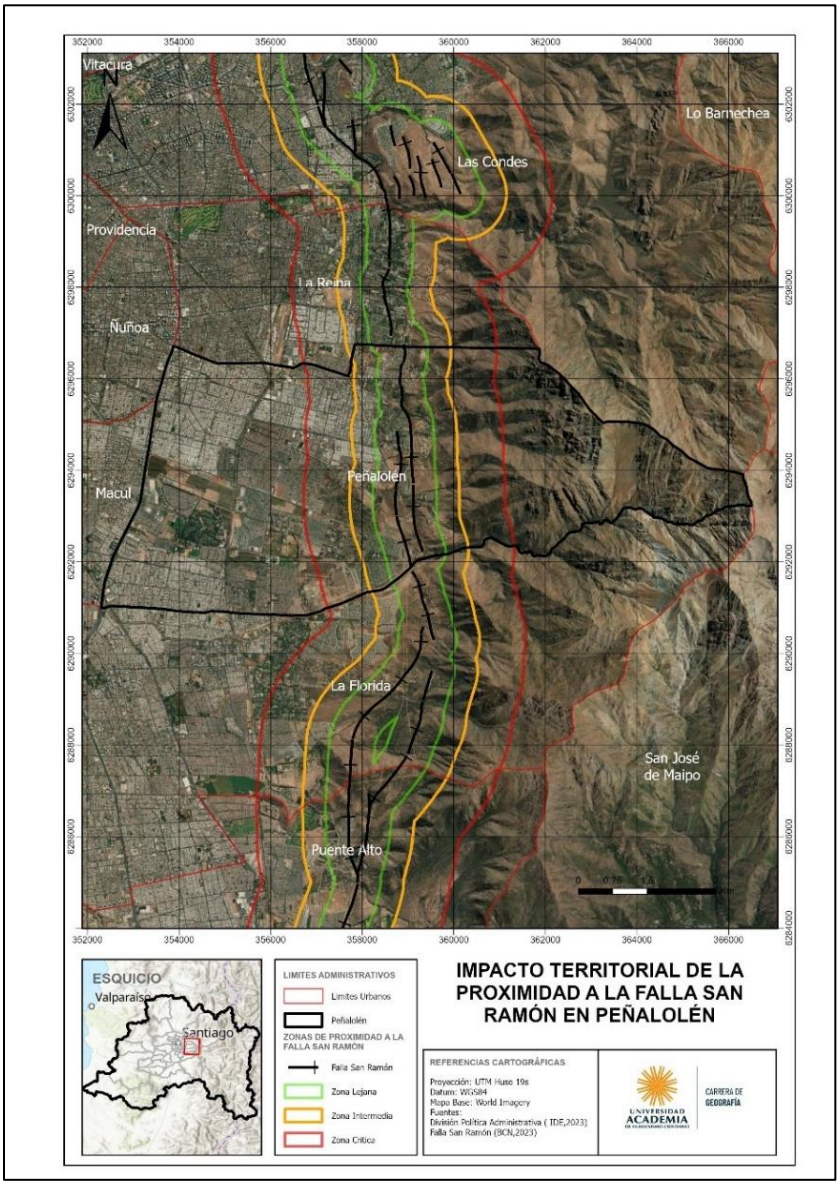
(Elaboración Propia,2025)

Cartografía de impacto territorial por proximidad a la falla

La segunda cartografía refuerza esta lectura al mostrar cómo las zonas críticas han sido urbanizadas sin restricciones normativas claras. La expansión territorial se ha dirigido hacia el oriente, consolidando asentamientos en áreas donde la falla presenta mayor potencial de ruptura superficial. Esta situación plantea desafíos urgentes en términos de planificación

urbana, ya que la infraestructura habitacional y comunitaria se encuentra directamente expuesta. La vulnerabilidad educativa se intensifica en estas zonas, al combinar condiciones sociales precarias con exposición física directa (UNESCO, 2010; World Bank, 2016).

Figura 11: Impacto territorial por proximidad a la falla

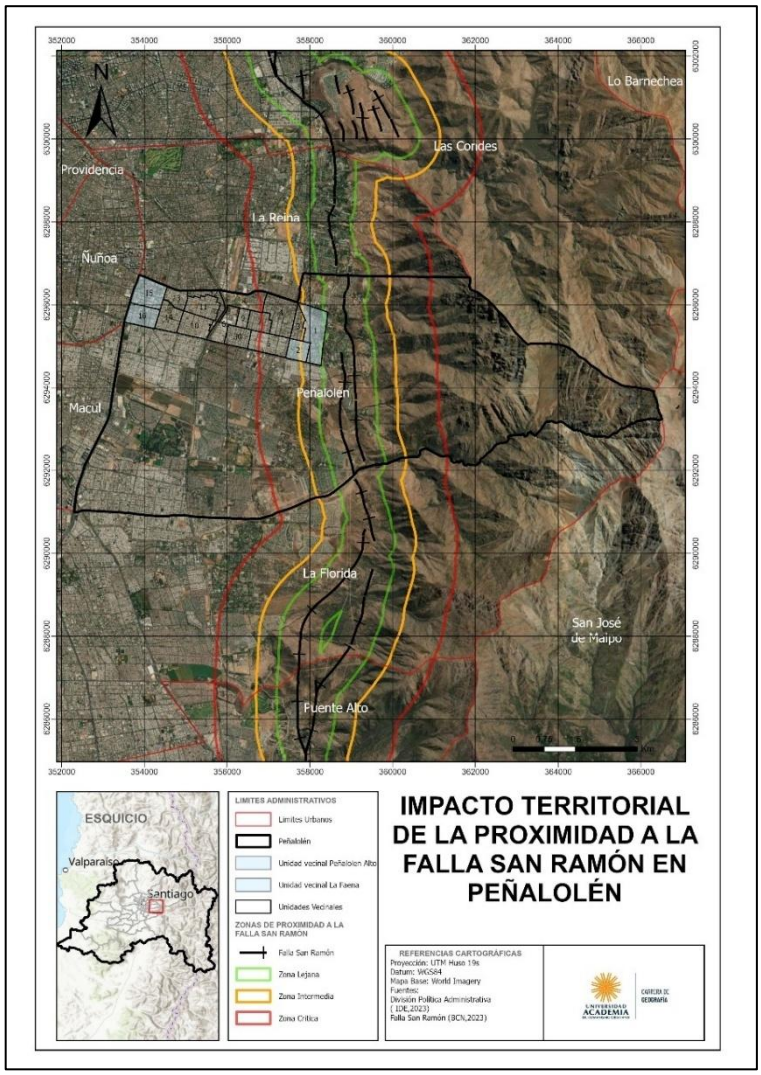


(Elaboración Propia,2025)

Cartografía de unidades vecinales y zonas de riesgo

La tercera cartografía permite identificar espacialmente las unidades vecinales más expuestas, destacando Peñalolén Alto como zona crítica y La Faena como zona intermedia. Esta diferenciación territorial es clave para el análisis comparativo de vulnerabilidad educativa, ya que permite vincular la proximidad geológica con las condiciones de acceso, infraestructura y preparación comunitaria. Desde el marco teórico, la capacidad de adaptación entendida como la habilidad de reorganizarse frente a escenarios adversos se ve comprometida en las zonas críticas, donde no existen medidas estructurales ni educativas que regulen el crecimiento urbano sobre falla activa (Inzulza et al., 2022).

Figura 12: Cartografía de unidades vecinales y zonas de riesgo

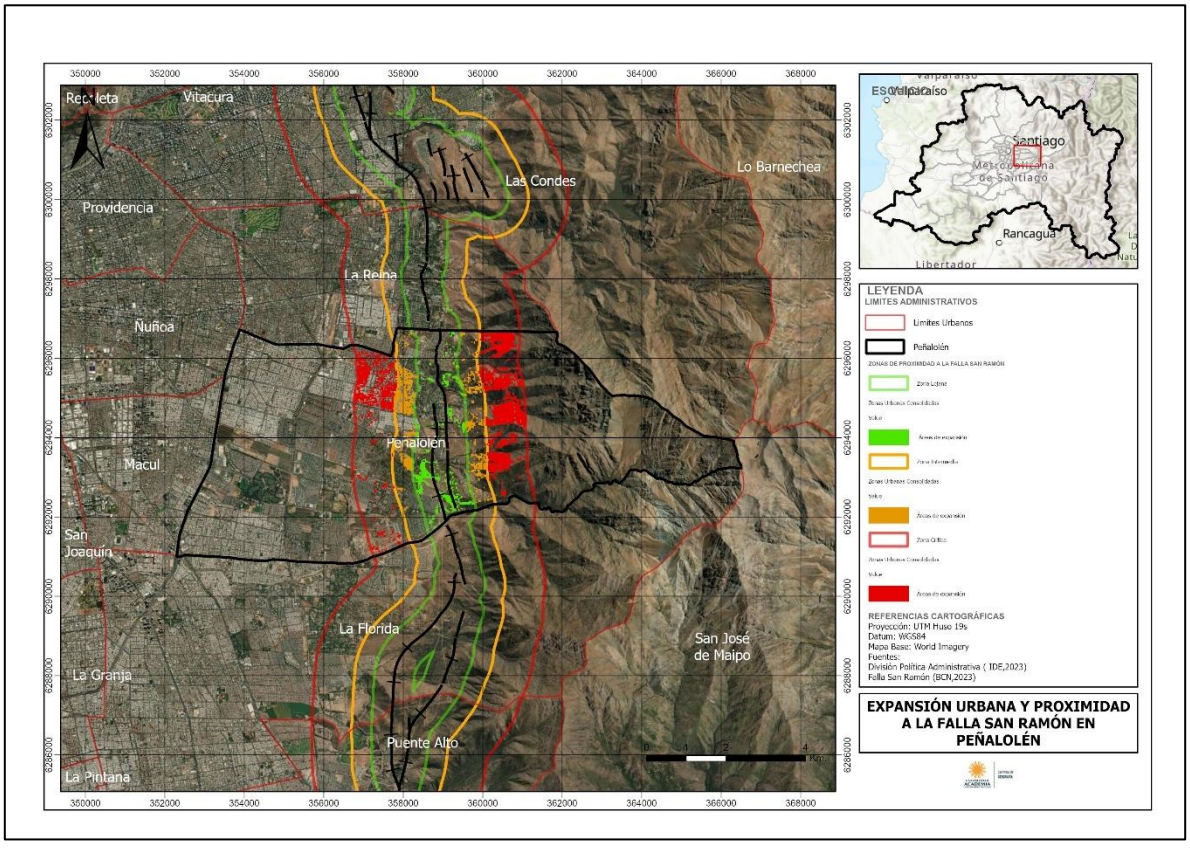


(Elaboración Propia,2025)

Cartografía de delimitación crítica en Peñalolén

La cuarta cartografía de delimitación crítica muestra cómo la expansión urbana ha alcanzado niveles de saturación en sectores directamente sobre la traza de la falla. La zona crítica aparece densamente urbanizada, con presencia de viviendas, escuelas y servicios básicos. Esta situación exige una reconfiguración del ordenamiento territorial, incorporando criterios de gestión del riesgo y planificación preventiva. La expansión territorial en Peñalolén no solo responde a dinámicas demográficas, sino también a decisiones normativas que han favorecido la urbanización en áreas de alta exposición sísmica, lo que plantea desafíos estructurales para la sostenibilidad comunal y la resiliencia educativa.

Figura 13: Cartografía de delimitación crítica en Peñalolén



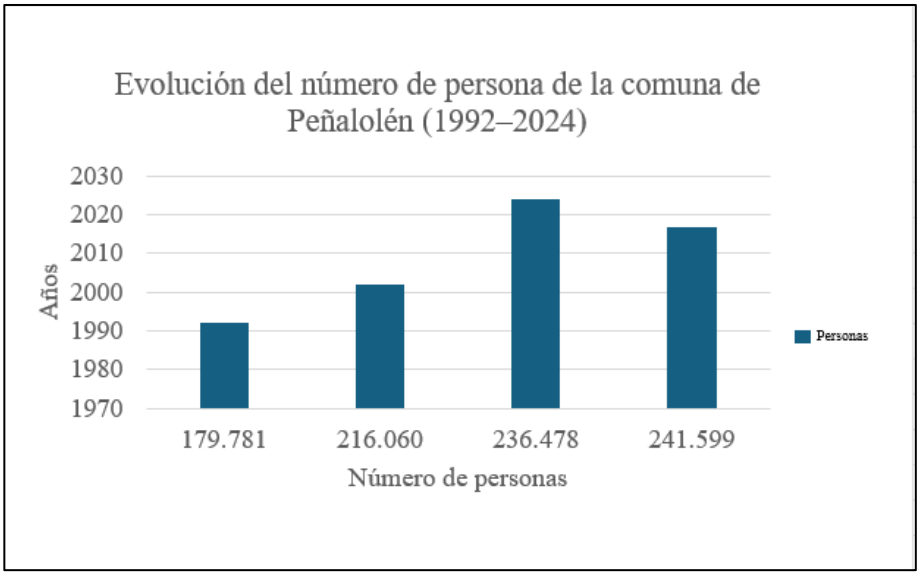
(Elaboración Propia,2025)

4.2 Transformaciones Demográficas y Habitacionales

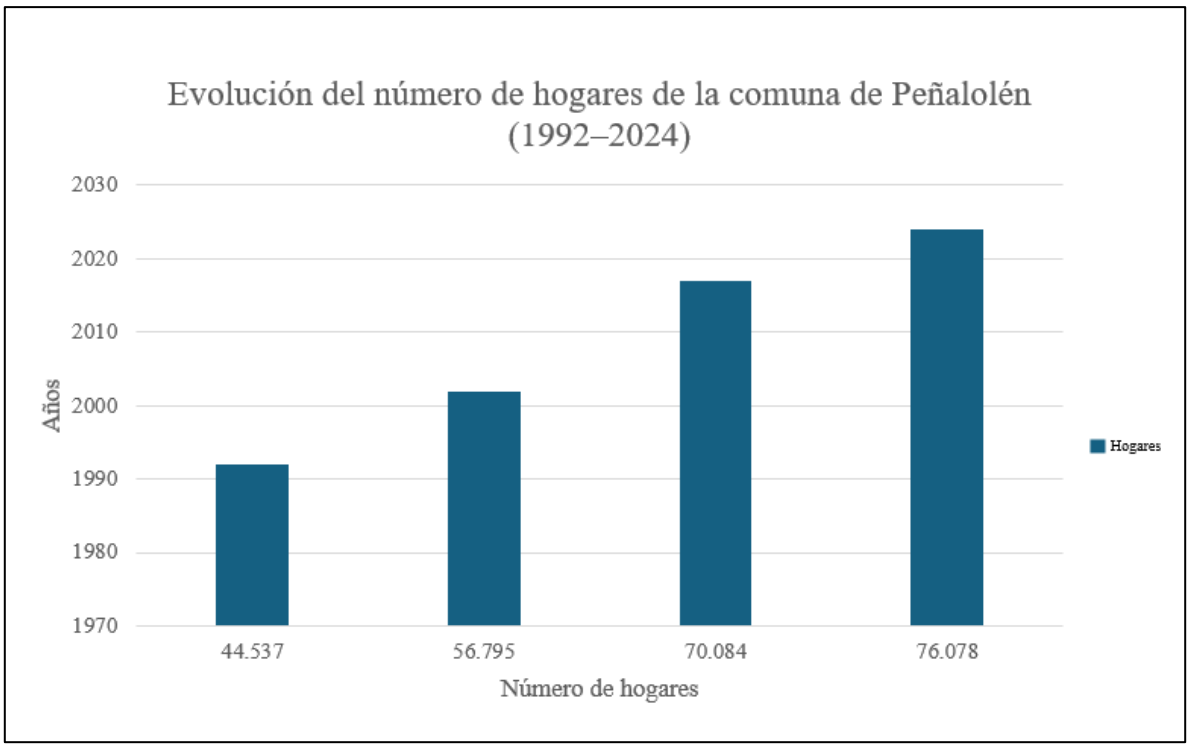
4.2.1 Crecimiento poblacional por década

La evolución demográfica de Peñalolén entre 1992 y 2024 muestra un crecimiento sostenido, aunque con una desaceleración en la última década. Entre 1992 y 2002, la comuna experimentó un aumento de más de 36.000 habitantes, lo que refleja una etapa de expansión urbana acelerada, en línea con el modelo de dispersión promovido por el Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) (Rodríguez, 2014). Este crecimiento se consolidó en zonas de menor pendiente y baja exposición sísmica, lo que implicaba una menor vulnerabilidad estructural.

Sin embargo, entre 2012 y 2024, el ritmo de crecimiento poblacional se estabiliza, lo que puede atribuirse a factores como el envejecimiento demográfico, la caída de la natalidad y la migración interna hacia comunas periféricas. Desde el marco teórico, esta tendencia se vincula con el concepto de riesgo de desastre (García-Tornel, 1984), ya que el aumento poblacional en zonas de alta exposición como Peñalolén Alto incrementa la vulnerabilidad territorial. Además, la presencia de infraestructura educativa en zonas críticas refuerza la noción de vulnerabilidad educativa, entendida como la insuficiente preparación institucional frente a amenazas naturales (UNESCO, 2010). Por lo tanto, el crecimiento poblacional no solo implica presión sobre el territorio, sino también sobre la capacidad de adaptación comunitaria ante eventos sísmicos.



(Elaboración propia,2025)



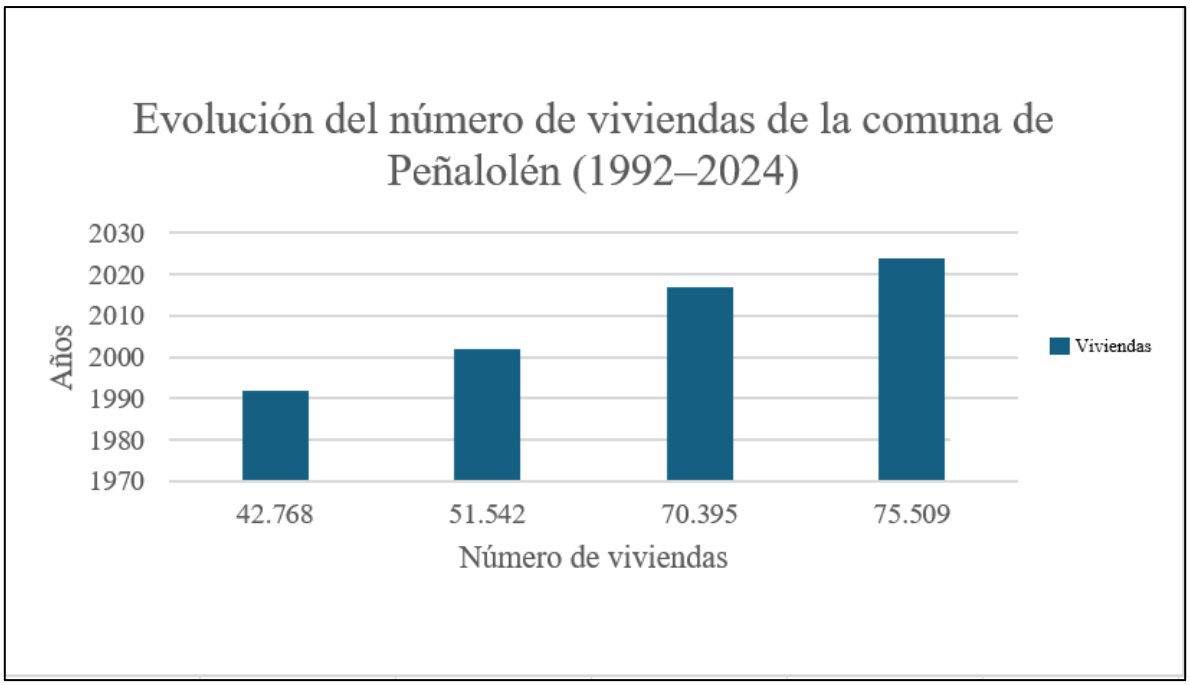
(Elaboración propia,2025)

4.2.2 Crecimiento habitacional y vulnerabilidad en zonas de riesgo

El parque habitacional de Peñalolén ha experimentado un crecimiento constante entre 1992 y 2024. En 1992 se registraban 42.768 viviendas; en 2002, 51.542; en 2017, 70.395; y en 2024, 75.509. Este aumento refleja tanto procesos de densificación como de expansión horizontal, los cuales han transformado la configuración territorial de la comuna. La densificación se ha concentrado en zonas intermedias como La Faena, mientras que la expansión horizontal ha avanzado hacia zonas críticas como Peñalolén Alto, directamente sobre la traza de la Falla San Ramón.

Desde el marco teórico, esta evolución habitacional se vincula con la noción de vulnerabilidad estructural y educativa (UNESCO, 2010; World Bank, 2016), ya que muchas de las nuevas viviendas se han construido en sectores donde la amenaza sísmica es latente. La ocupación de zonas críticas sin criterios de planificación preventiva compromete la seguridad de la infraestructura escolar y residencial, afectando directamente la resiliencia

comunitaria. En este contexto, la expansión del parque habitacional no solo responde a demandas demográficas, sino también a decisiones normativas que han favorecido la urbanización en áreas de alto riesgo, lo que exige una reconfiguración del ordenamiento territorial con enfoque en la gestión del riesgo y la adaptación educativa (Inzulza et al., 2022).



(Elaboración propia,2025)

Objetivo Especifico N°2: Caracterizar los niveles de vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena.

4.2. Contexto socioeducativo de las zonas de estudio

4.2.1. Caracterización socioeducativa de Peñalolén Alto y La Faena

Los sectores de Peñalolén Alto (UV 1 y 2) y La Faena (UV 15 y 16) conforman dos territorios con características sociales y educativas diferenciadas dentro de la comuna de Peñalolén. De acuerdo con los antecedentes demográficos, Peñalolén Alto concentra aproximadamente 43.811 residentes, siendo identificado como un sector con mayor vulnerabilidad territorial, mientras que La Faena reúne cerca de 31.611 habitantes, con menor exposición directa a la traza de la Falla San Ramón.

Ambas zonas presentan presencia de equipamiento educativo, pero con condiciones socioeducativas diversas, lo que motiva su análisis comparativo. En ambas se desarrollaron encuestas y entrevistas orientadas a medir escolaridad, acceso a infraestructura escolar, cobertura educativa y percepciones sobre el riesgo sísmico, así como prácticas de preparación comunitaria.

El contexto socioeducativo de ambos territorios se vincula también a los procesos históricos de expansión urbana de la comuna. La Faena corresponde a un sector más consolidado y densificado, mientras que Peñalolén Alto ha sido escenario de una expansión habitacional hacia zonas de mayor exposición sísmica y con condiciones territoriales más precarias, lo que impacta directamente en la disponibilidad y calidad de recursos educativos y comunitarios.

4.2.2. Condiciones sociales y territoriales que influyen en la vulnerabilidad educativa

La vulnerabilidad educativa en ambos territorios se entiende como la combinación de factores socioeducativos nivel de escolaridad, acceso a información de riesgo, participación comunitaria y preparación ante emergencias que determinan la capacidad de la población para enfrentar amenazas socionaturales. Esta categoría se relaciona estrechamente con el marco conceptual utilizado, en el cual se reconoce que la falta de información, la baja percepción del riesgo y la escasa preparación práctica incrementan la vulnerabilidad educativa de las comunidades expuestas a amenazas sísmicas.

En Peñalolén Alto, esta vulnerabilidad se ve intensificada por condiciones territoriales más desfavorables, como la presencia de urbanización directamente sobre zonas críticas de la falla y el desarrollo residencial en áreas que carecen de una planificación preventiva adecuada. Estas condiciones comprometen la seguridad de infraestructura escolar y residencial, elevando la vulnerabilidad territorial y educativa local.

En el caso de La Faena, aunque posee una menor exposición directa a la Falla San Ramón, presenta características socioeducativas que también limitan las capacidades comunitarias de preparación, como acceso desigual a recursos educativos o baja participación en procesos formativos relacionados con el riesgo. La investigación señala que, pese a las diferencias

territoriales, ambas zonas comparten limitaciones educativas estructurales que afectan su resiliencia.

4.2.3. Relación con la proximidad a la Falla San Ramón y exposición al riesgo

La proximidad a la Falla San Ramón constituye un componente central para comprender la vulnerabilidad educativa en Peñalolén Alto y La Faena. La falla es una estructura cortical activa, capaz de generar sismos mayores y con registros paleosismológicos que evidencian su capacidad de afectar directamente la superficie en sectores urbanizados de Peñalolén.

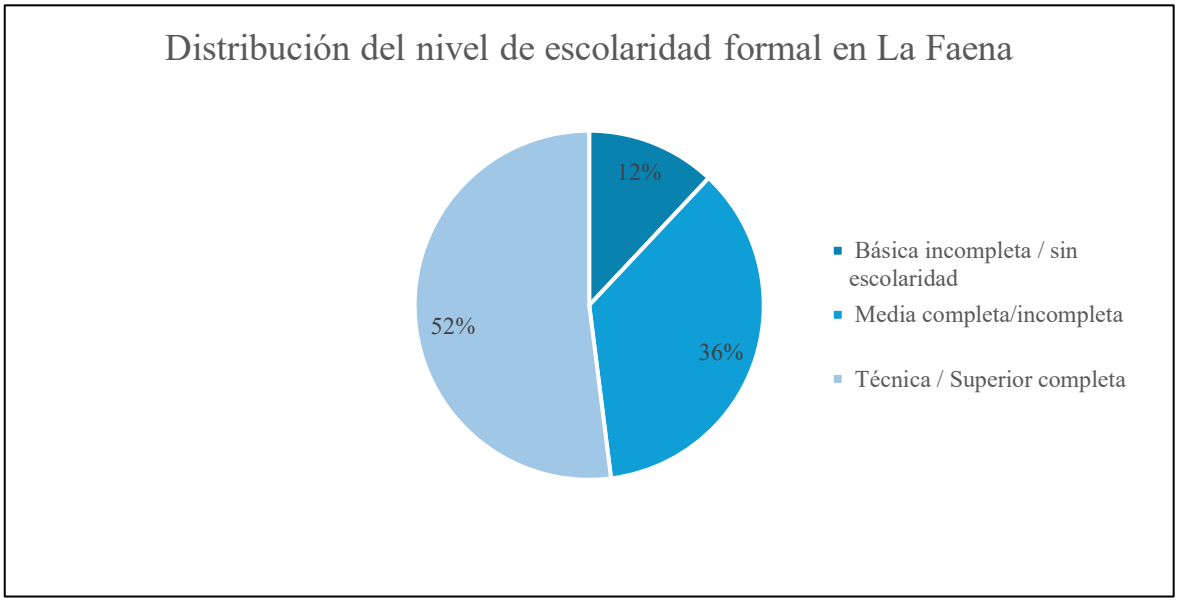
Peñalolén Alto se ubica sobre el área de influencia directa de la falla, lo que sitúa a su población en un escenario de mayor exposición a un posible evento sísmico cortical. Esto hace que la falta de información y preparación educativa en este sector tenga un impacto más crítico en la seguridad comunitaria. La vulnerabilidad educativa se manifiesta entonces como una brecha en la capacidad de reconocer señales de peligro, tomar decisiones informadas y activar respuestas adecuadas frente a un evento mayor.

Por el contrario, La Faena se encuentra territorialmente menos expuesta, pero aun así presenta condiciones socioeducativas que pueden limitar su capacidad de adaptación. Su inclusión en el análisis permite observar cómo la vulnerabilidad educativa no depende exclusivamente de la proximidad física al riesgo, sino también de factores sociales, institucionales y territoriales complementarios.

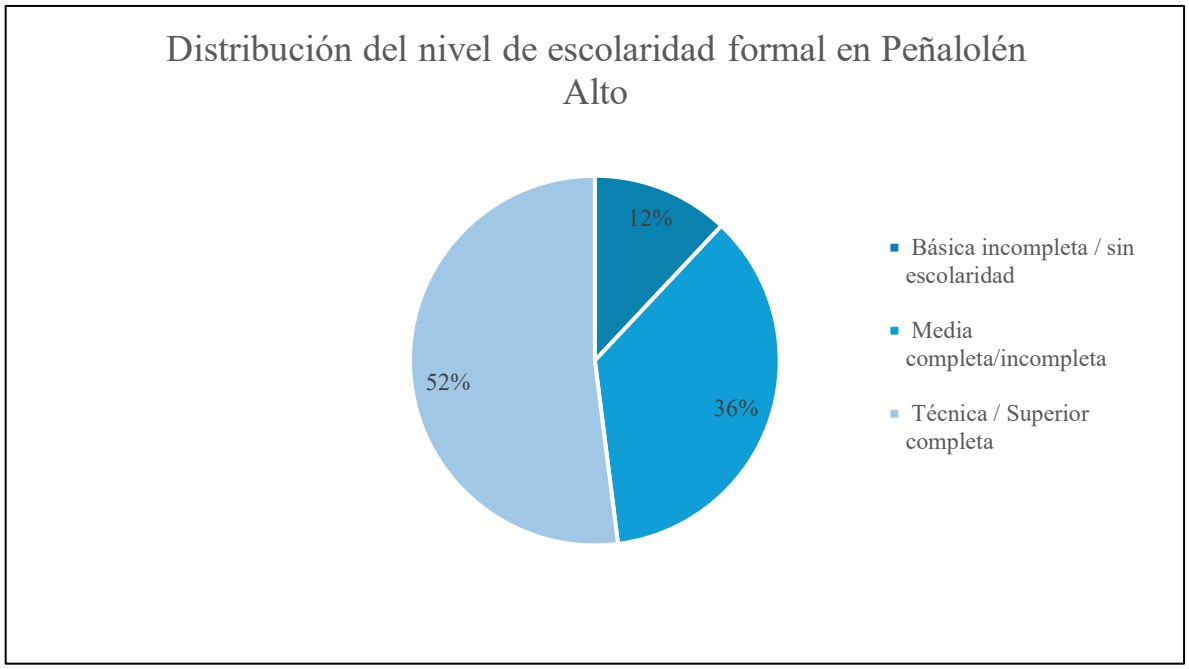
En conjunto, ambos sectores ilustran cómo la interacción entre exposición geológica y brechas socioeducativas condiciona la resiliencia frente a un evento sísmico mayor, en un territorio donde la falla atraviesa zonas densamente pobladas y con infraestructura educativa activa.

4.2.4. Condiciones sociales y territoriales que influyen en la vulnerabilidad educativa

El nivel de escolaridad formal refleja una diferencia estructural entre ambos barrios. En Peñalolén Alto, predominan porcentajes más altos en escolaridad básica, lo que limita la comprensión de información técnica sobre riesgos. En cambio, en La Faena se observa una mayor proporción en niveles medios y superiores, lo que favorece la capacidad de interpretar y aplicar medidas preventivas. Según UNESCO (2010), la escolaridad es clave para reducir vulnerabilidad; por lo tanto, este gráfico evidencia cómo las brechas educativas condicionan la resiliencia diferenciada de cada sector frente a la Falla San Ramón.

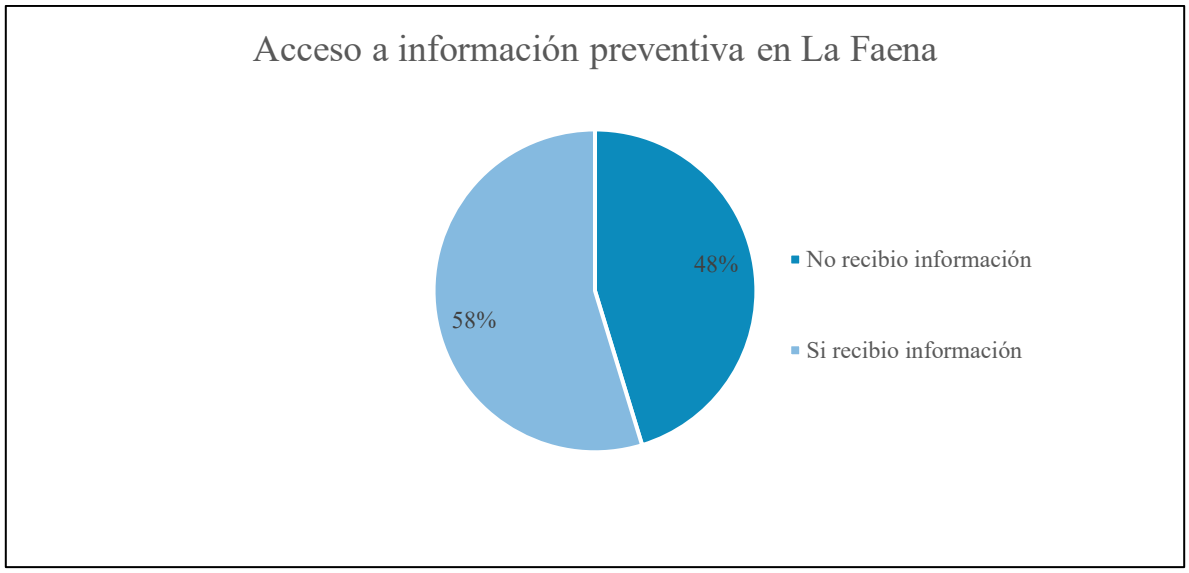


(Elaboración propia,2025)

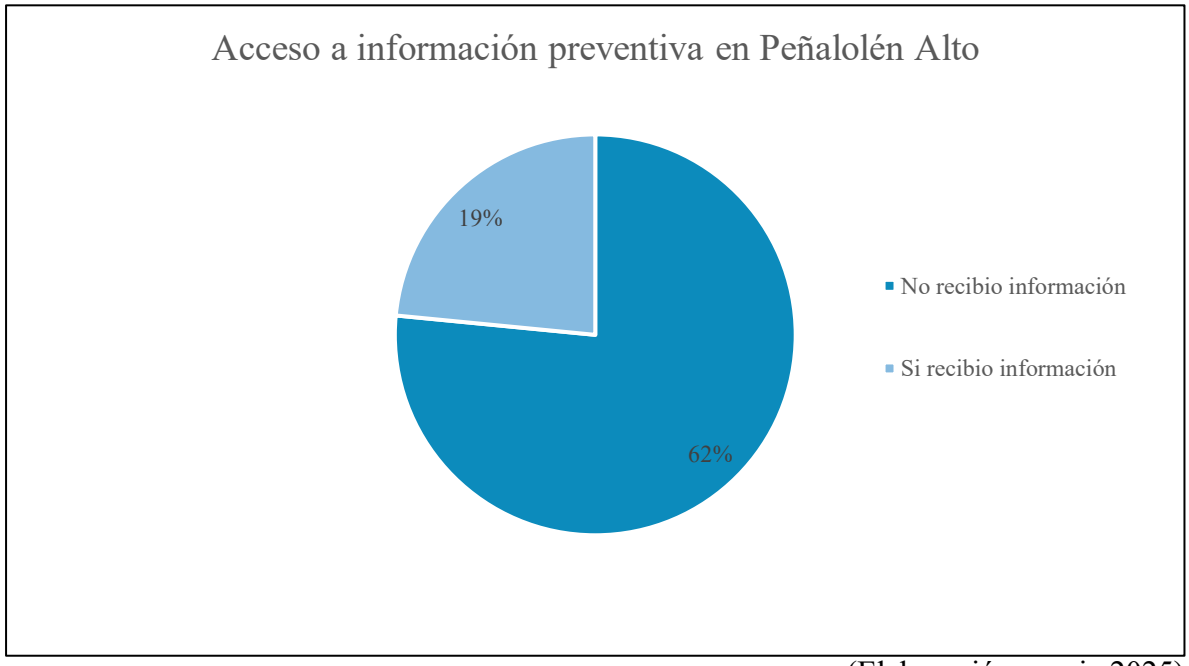


(Elaboración propia,2025)

El acceso a información preventiva muestra una clara desigualdad territorial. En Peñalolén Alto, gran parte de la población declara no haber recibido información suficiente sobre la Falla San Ramón, lo que incrementa la vulnerabilidad educativa. En La Faena, aunque la exposición geológica es menor, se observa un acceso relativamente mayor a información preventiva, lo que fortalece la conciencia comunitaria. UNICEF (2014) subraya que la información adaptada a las condiciones locales salva vidas; este gráfico evidencia que la falta de información en Peñalolén Alto agrava el riesgo, mientras que en La Faena la brecha se reduce por mayor acceso comunicacional.

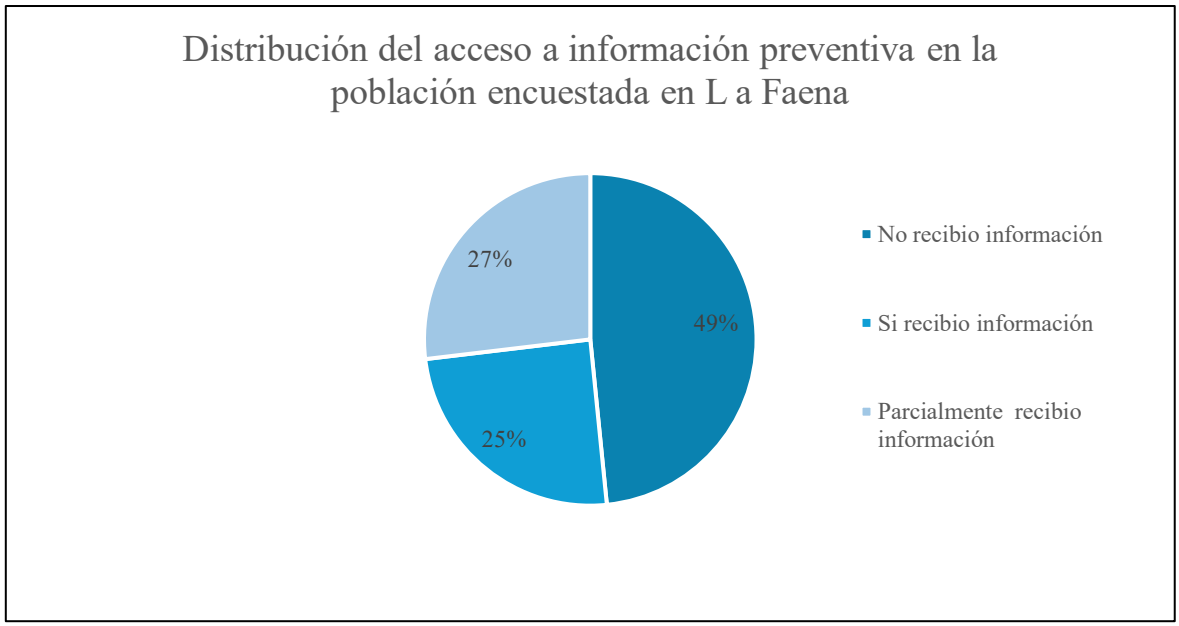


(Elaboración propia,2025)

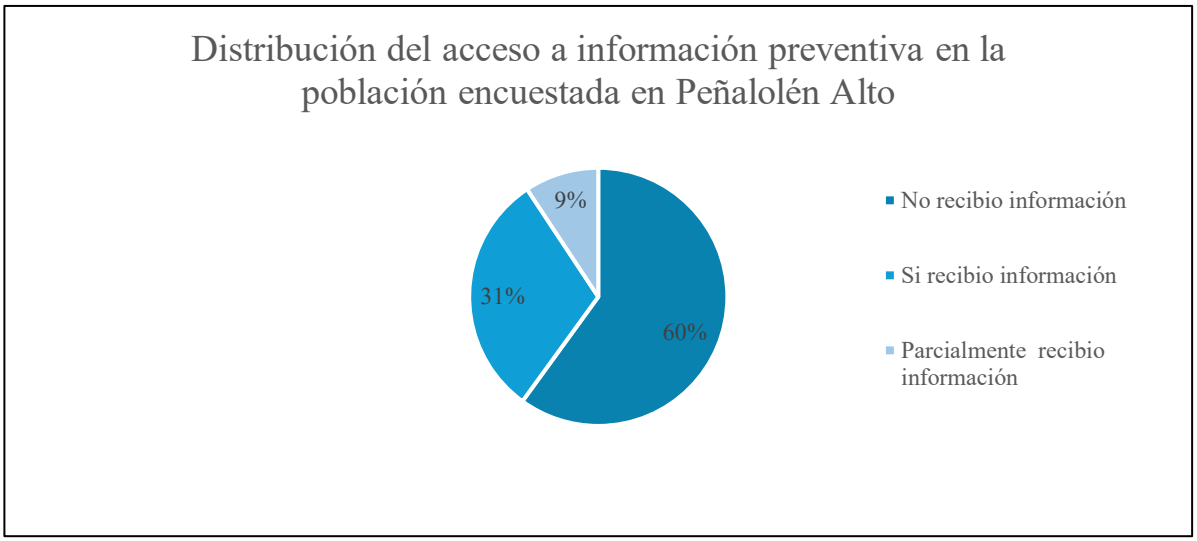


(Elaboración propia,2025)

La preparación práctica revela diferencias en la capacidad operativa de cada barrio. En Peñalolén Alto, la participación en simulacros es baja y gran parte de la población desconoce protocolos de emergencia, lo que aumenta la vulnerabilidad frente a un sismo cortical. En La Faena, aunque la preparación tampoco es óptima, se registran mayores porcentajes de población que sabe cómo actuar, lo que refleja una mejor articulación comunitaria. Según World Bank (2016), la falta de planes de emergencia en escuelas incrementa el riesgo; este gráfico muestra que Peñalolén Alto enfrenta una vulnerabilidad crítica, mientras que La Faena presenta una vulnerabilidad intermedia.



(Elaboración propia,2025)



(Elaboración propia,2025)

4.2.5. Resultados del Índice de Vulnerabilidad Educativa (IVE)

Los resultados del Índice de Vulnerabilidad Educativa (IVE) muestran que tanto Peñalolén Alto como La Faena presentan una vulnerabilidad educativa de nivel medio, aunque con matices distintos. En ambos sectores, la escolaridad formal se ubica en niveles medios, lo que refleja una base educativa que permite cierto grado de comprensión del riesgo, pero aún con brechas significativas.

En cuanto al acceso a información preventiva, ambos sectores se clasifican en vulnerabilidad media, lo que indica que, si bien existe cierta difusión sobre el riesgo asociado a la Falla San Ramón, esta no ha sido suficiente ni sistemática.

Las dimensiones de preparación práctica y participación comunitaria se clasifican en vulnerabilidad baja en ambos casos, lo que evidencia una debilidad estructural en la articulación de medidas concretas de prevención y organización territorial.

Estos resultados refuerzan lo planteado en el marco teórico: la vulnerabilidad educativa no depende exclusivamente de la cercanía geográfica a la falla, sino también de factores sociales, institucionales y comunitarios. Aunque Peñalolén Alto se encuentra más expuesto territorialmente, La Faena comparte condiciones estructurales que limitan la capacidad de adaptación frente a un evento sísmico.

Tabla N°11: Índice de vulnerabilidad

Dimensión	Peñalolén Alto	La Faena
Escolaridad formal	Media	Media
Acceso a información	Media	Media
Preparación práctica	Baja	Baja
Participación comunitaria	Baja	Baja
IVE final	Media	Media

(Elaboración propia,2025)

Objetivo Especifico N°3: Analizar las diferencias de los niveles de vulnerabilidad educativa de la población en las zonas próximas y en las zonas menos expuestas a la falla de San Ramón en la comuna de Peñalolén.

4.3. Análisis comparativo de la vulnerabilidad educativa según proximidad a la Falla San Ramón

Este objetivo busca comprender cómo la proximidad geológica a la Falla San Ramón influye en los niveles de vulnerabilidad educativa entre dos zonas de la comuna: Peñalolén Alto, localizada sobre la franja de mayor exposición sísmica, y La Faena, situada en un territorio relativamente más seguro. Para ello, se integran resultados cuantitativos, cualitativos y espaciales con los fundamentos conceptuales desarrollados en el marco teórico, los cuales entienden la vulnerabilidad educativa como un fenómeno multidimensional que surge de la interacción entre conocimientos, capacidades preventivas, percepciones del riesgo y condiciones socio institucionales (Wilches-Chaux, 1993; Rinaldi, 2020).

4.3.1. La exposición geológica como condicionante estructural de la vulnerabilidad educativa

La ubicación territorial de los habitantes constituye una variable fundamental para comprender la vulnerabilidad frente a amenazas socionaturales. Peñalolén Alto se encuentra emplazado directamente sobre el trazado de la Falla San Ramón, lo que lo expone a la posibilidad de un sismo cortical de mayor magnitud, tal como lo advierten los estudios geológicos revisados (Montes, 2020). Esta condición implica que cualquier deficiencia en

conocimientos, preparación o acceso a información repercute de forma más crítica en la seguridad de la comunidad.

Desde el marco teórico, Arenas et al. (2010) señalan que el riesgo se configura por la interacción entre amenaza y vulnerabilidad, y no por la amenaza de forma aislada. Esto significa que la población de Peñalolén Alto, al combinar "alta exposición" con "vulnerabilidad educativa media", enfrenta un riesgo significativamente mayor, pues carece de prácticas preventivas sólidas que permitan contrarrestar la amenaza geológica.

Por el contrario, La Faena, aunque menos expuesta físicamente, presenta un conjunto de factores socioeducativos que también limitan la capacidad de adaptación: menor participación comunitaria, desigual acceso a recursos educativos y baja preparación ante emergencias .Esta situación se ajusta a lo planteado por Rinaldi (2020), quien explica que la vulnerabilidad surge cuando factores internos como la falta de educación preventiva interactúan con condiciones territoriales y sociales, incluso si la amenaza geológica no es tan intensa.

En síntesis, el riesgo en Peñalolén no se distribuye de manera uniforme: en Peñalolén Alto, la combinación de alta exposición + vulnerabilidad educativa media genera un escenario crítico; mientras que, en La Faena, la vulnerabilidad educativa media más la exposición moderada sigue representando un desafío para la resiliencia comunitaria.

4.3.2. Interpretación ampliada de los resultados del Índice de Vulnerabilidad Educativa (IVE)

El cálculo del IVE indicó que ambas zonas poseen un nivel **medio de vulnerabilidad educativa**, pero la interpretación profunda muestra diferencias sustantivas en la forma en que esta vulnerabilidad se expresa.

a) Escolaridad formal

Ambos sectores presentan niveles medios de escolaridad, pero de acuerdo con **Wilches-Chaux (1993)**, la escolaridad por sí sola no garantiza una adecuada comprensión del riesgo. La alfabetización sísmica requiere contenidos específicos que permitan traducir conocimientos en decisiones. En Peñalolén Alto, esta carencia se vuelve más peligrosa, pues el desconocimiento de la falla puede impedir reacciones adecuadas durante un sismo cortical.

b) Acceso a información preventiva

El acceso medio a información sobre riesgo refleja la ausencia de programas educativos permanentes y sistemáticos en ambas zonas. **Franchi-Arzola (2015)** advierte que los desastres ocurren cuando existe una gestión inadecuada del riesgo, especialmente cuando la población no recibe información oportuna y clara sobre amenazas potenciales. Esto se evidencia en la baja participación en actividades preventivas y en la limitada difusión municipal.

c) Preparación práctica

Es la dimensión más crítica: ambos sectores fueron evaluados con vulnerabilidad baja, lo que significa que la mayoría de los habitantes no conoce protocolos básicos como puntos seguros, rutas de evacuación o medidas de protección. Esta falta de preparación confirma lo señalado por **Sandoval-Díaz et al. (2023)**, quienes destacan que la adaptación comunitaria requiere procesos continuos de aprendizaje y práctica. Al no existir estos procesos, la capacidad de reacción se ve debilitada.

d) Participación comunitaria

La ausencia de organización territorial orientada al riesgo coincide con lo planteado por **Alzugaray Ponce y Fuentes Aguilar (2021)**, quienes sostienen que la resiliencia comunitaria depende de la articulación entre prácticas locales y políticas institucionales. La falta de redes comunitarias en ambos sectores acentúa la vulnerabilidad educativa, ya que limita el intercambio de conocimientos y la organización colectiva.

En conjunto, los resultados del IVE muestran que, aunque ambas zonas comparten características similares, la **proximidad de Peñalolén Alto a la falla** hace que estas brechas educativas sean más peligrosas y reduzcan significativamente su capacidad de adaptación.

4.3.3. Diferencias cuantitativas ampliadas entre Peñalolén Alto y La Faena

El contraste de encuestas permitió identificar diferencias que, son altamente relevantes desde la perspectiva del riesgo:

a) Conocimiento del riesgo

- Peñalolén Alto reconoce con mayor frecuencia el nombre “Falla San Ramón”, pero **carece de comprensión profunda** sobre su capacidad destructiva, ciclos de ruptura y efectos posibles.
- La Faena muestra **desconocimiento generalizado**, lo que coincide con niveles más bajos de percepción de amenaza.

Esta diferencia se ajusta a lo expuesto por **Wilches-Chaux (1993)**, quien plantea que la falta de conocimiento del riesgo constituye una forma directa de vulnerabilidad educativa.

b) Acceso a información institucional

La población de Peñalolén Alto reporta recibir más información informal (comentarios entre vecinos), mientras que en La Faena predominan percepciones erróneas o mitos. Esta situación coincide con el señalamiento de **Rinaldi (2020)** respecto a la vulnerabilidad como un fenómeno que surge de fallas informacionales y cognitivas.

c) Capacidades preventivas

En ambas zonas, las capacidades preventivas son bajas, pero en Peñalolén Alto esto es más crítico porque los habitantes se encuentran sobre infraestructura directamente afectable por la falla. **Arenas et al. (2010)** advierten que el riesgo aumenta cuando territorios vulnerables se superponen con amenazas activas, como ocurre en este caso.

4.3.4. Diferencias cualitativas ampliadas: percepciones y prácticas

Las entrevistas profundizaron en elementos que las encuestas no permitían explorar:

Peñalolén Alto

- Los habitantes expresan **temor**, pero no cuentan con estrategias para disminuirlo.
- Existe la idea de que “si ocurre un terremoto fuerte, nada se puede hacer”, lo cual corresponde a un tipo de vulnerabilidad psicosocial descrita por **Wilches-Chaux (1993)**.
- La percepción del riesgo es alta, pero **no se traduce en acciones**, lo que refleja una brecha entre conocimiento y práctica.

La Faena

- La percepción del riesgo es más distante: la falla se considera “un problema de otros sectores”.
- La baja percepción reduce la motivación para participar en talleres o capacitaciones comunitarias.

Sandoval-Díaz et al. (2023) explican que la adaptación se basa en aprendizajes colectivos; sin embargo, ambos sectores muestran un limitado desarrollo de estos aprendizajes, aunque por razones distintas:

– En Peñalolén Alto, por **inseguridad y falta de orientación**.

– En La Faena, por **baja percepción del riesgo**.

4.3.5. Análisis espacial ampliado: distribución territorial de la vulnerabilidad educativa

El análisis SIG permitió visualizar la localización exacta de las respuestas y superponerlas con la traza de la falla. Esta integración evidencia:

- **Concentración de mayores deficiencias educativas en zonas más próximas a la falla**, especialmente en Peñalolén Alto, donde coinciden altos niveles de exposición sísmica y vulnerabilidad educativa media.
- En La Faena, aunque la exposición es menor, se observan zonas con vulnerabilidad educativa que podrían volverse críticas en caso de afectación indirecta.

Los resultados se alinean con la idea de **Bocco (2019)**, quien conceptualiza la adaptación como la capacidad de reorganizarse frente a amenazas. La geografía educativa de Peñalolén muestra que esta capacidad aún es limitada.

CAPITULO V: MARCO DE CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones generales

El presente estudio tuvo como propósito analizar la vulnerabilidad educativa frente al riesgo sísmico asociado a la Falla San Ramón en dos zonas contrastadas de la comuna de Peñalolén: Peñalolén Alto, altamente expuesta a la traza de la falla, y La Faena, ubicada en un sector de menor exposición geológica. A partir del enfoque metodológico mixto e integrado con Sistemas de Información Geográfica (SIG), fue posible comprender la forma en que la exposición territorial, los conocimientos, las prácticas y las capacidades preventivas interactúan para configurar distintos niveles de vulnerabilidad educativa.

Los resultados permiten concluir que, si bien ambas zonas presentan un nivel medio de vulnerabilidad educativa, esta vulnerabilidad adquiere una expresión distinta en cada territorio debido a sus condiciones estructurales. En Peñalolén Alto, la combinación de alta exposición sísmica y brechas educativas persistentes genera un escenario crítico, ya que la población carece de capacidades preventivas sólidas para enfrentar un posible sismo cortical. En este sentido, se constata lo propuesto por Arenas et al. (2010), quienes señalan que el riesgo emerge de la interacción entre amenaza y vulnerabilidad, y no de la amenaza por sí misma.

En La Faena, pese a su menor exposición geográfica, se evidencian también debilidades educativas relevantes, especialmente en la participación comunitaria, la preparación práctica y el acceso a información preventiva. Esto coincide con Rinaldi (2020), quien entiende la vulnerabilidad como un proceso social continuo que no depende únicamente del territorio físico, sino también de las capacidades internas de las comunidades.

El análisis del Índice de Vulnerabilidad Educativa (IVE) demostró que los componentes más débiles en ambos sectores son la preparación práctica y la participación comunitaria, dimensiones que según Sandoval-Díaz et al. (2023) y Alzugaray Ponce & Fuentes Aguilar (2021) son fundamentales para fortalecer la resiliencia socioeducativa y promover aprendizajes colectivos orientados a la gestión del riesgo.

En términos cualitativos, las percepciones de la comunidad evidencian una distancia entre la conciencia del riesgo y la adopción de prácticas concretas. En Peñalolén Alto predomina una

percepción de peligro, pero carente de herramientas, mientras que en La Faena se evidencia una baja percepción del riesgo que deriva en menor motivación por prepararse. Este fenómeno se ajusta a lo expresado por Wilches-Chaux (1993) respecto a la vulnerabilidad psicosocial y a cómo la falta de información clara puede generar inmovilización o subestimación del riesgo.

El análisis espacial corroboró que los sectores más próximos a la falla presentan mayores déficits educativos en dimensiones clave, lo que confirma que la adaptación —entendida como la capacidad para reorganizarse ante una amenaza— es aún limitada en ambas zonas, tal como lo sostiene Bocco (2019).

La capacidad de adaptación, entendida como la habilidad de reorganizarse, anticiparse y actuar frente a un evento sísmico, se vio profundamente marcada por la percepción del riesgo y por las experiencias territoriales de cada comunidad. Las entrevistas permitieron identificar elementos clave que muestran cómo la población enfrenta o evita enfrentar la amenaza.

En Peñalolén Alto, donde la exposición es significativamente mayor, la toma de decisiones respecto al territorio se encuentra influida por factores emocionales y aspiracionales más que por una evaluación del riesgo. Un residente expresó:

"Me gustó la casa por lo hermosa y grande que es, nunca me fijé en la situación que podría enfrentar." (Entrevista, Peñalolén Alto)

Esta afirmación refleja un tipo de vulnerabilidad asociado a la desinformación y la priorización de criterios estéticos o económicos por sobre los de seguridad, lo que limita la capacidad adaptativa al no considerar la amenaza dentro de las decisiones de vida. Al mismo tiempo, se observan percepciones fatalistas como:

"Si ocurre un terremoto fuerte, nada se puede hacer" (Entrevista, Peñalolén Alto)

Esto refuerzan una baja capacidad para traducir preocupación en acciones concretas.

En **La Faena**, aunque la población se encuentra en una zona de menor exposición, su capacidad de adaptación también se ve comprometida por una percepción reducida del riesgo. Un entrevistado señaló:

"Si ocurre un terremoto en la falla, no creo que nos afecte tanto, pero si es así, mi casa es lo más valioso que tengo." (Entrevista, La Faena)

Esta frase revela una subestimación de la amenaza mezclada con un fuerte apego al patrimonio material, lo que podría obstaculizar la adopción de medidas preventivas como evacuación o reforzamiento estructural. De esta forma, la adaptación se ve limitada por una sensación de distancia respecto al peligro, lo cual disminuye la urgencia de prepararse.

Por lo tanto, Peñalolén Alto presenta una capacidad adaptativa limitada por el **temor y la falta de información**, La Faena muestra restricciones derivadas de la **subestimación del riesgo y el apego a lo material**. Ambas situaciones confirman que la adaptación depende tanto de la educación y la comunicación del riesgo como de factores culturales y territoriales que moldean la percepción individual y comunitaria.

El análisis evidencia que la vulnerabilidad educativa no puede entenderse de forma aislada del marco territorial que regula la ocupación urbana. En este sentido, el Plan Regulador Comunal de Peñalolén juega un rol clave, ya que determina los usos de suelo permitidos y las zonas de restricción por riesgos naturales. Sin embargo, la presencia de la Falla San Ramón identificada como una amenaza sísmica mayor no siempre se encuentra representada o regulada de manera suficiente en estos instrumentos. La inclusión explícita de esta amenaza permitiría reforzar la educación preventiva en los territorios más expuestos y orientar decisiones sobre densidad, infraestructura crítica y equipamientos educacionales, contribuyendo a disminuir la vulnerabilidad educativa en zonas de alto riesgo.

En definitiva, el estudio permite afirmar que la vulnerabilidad educativa frente al riesgo sísmico en Peñalolén es un fenómeno multidimensional, condicionado por la exposición territorial, los conocimientos, las capacidades preventivas, las percepciones del riesgo y la articulación comunitaria. Ambas zonas requieren intervenciones educativas sistemáticas y sostenidas, aunque en Peñalolén Alto la urgencia es mayor dada su posición sobre la traza activa de la Falla San Ramón.

5.2 Recomendaciones

A partir de las conclusiones obtenidas, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a fortalecer la educación en gestión del riesgo y reducir la vulnerabilidad educativa en la comuna:

1. Implementación de programas educativos permanentes sobre riesgo sísmico

Se recomienda que las instituciones educativas, organizaciones comunitarias y el municipio desarrollen programas de formación continua sobre la Falla San Ramón y la gestión del riesgo, integrando conocimientos teóricos y actividades prácticas. Esta recomendación se fundamenta en Wilches-Chaux (1993), quien sostiene que la educación es un eje esencial para reducir vulnerabilidades.

2. Fortalecer la preparación práctica y los simulacros comunitarios

Los resultados del IVE identificaron la preparación práctica como la dimensión más débil en ambas zonas. Por ello, se propone desarrollar simulacros periódicos, ejercicios de evacuación y capacitaciones barriales, en concordancia con lo planteado por Sandoval-Díaz et al. (2023) sobre la importancia del aprendizaje situado y colectivo.

3. Generar estrategias de comunicación del riesgo claras y accesibles

Es fundamental mejorar la difusión de información preventiva mediante campañas visuales, talleres, aplicativos digitales y señalética territorial. La claridad comunicativa reduce la vulnerabilidad informacional descrita por Rinaldi (2020).

4. Incentivar la participación comunitaria en la gestión del riesgo

La organización territorial es clave para la resiliencia. Se recomienda promover comités barriales de gestión del riesgo, redes de apoyo comunitario y liderazgos locales capacitados, siguiendo los planteamientos de Alzugaray Ponce y Fuentes Aguilar (2021) respecto al rol de la colectividad en la adaptación.

5. Incorporar la variable de vulnerabilidad educativa en la planificación territorial local

Los resultados del análisis espacial evidencian que las zonas de mayor exposición presentan mayores brechas educativas. Por ello, se recomienda que la municipalidad y los organismos

de planificación consideren estas vulnerabilidades al diseñar políticas públicas, coherente con la perspectiva socioespacial planteada por Arenas et al. (2010).

6. Priorizar intervenciones en Peñalolén Alto debido a su mayor exposición sísmica

Dada la presencia de la traza activa de la Falla San Ramón, se sugiere priorizar programas formativos y preventivos destinados a esta zona. De acuerdo con Bocco (2019), las zonas de mayor exposición requieren estrategias diferenciadas que fortalezcan su capacidad adaptativa.

7. Vincular el trabajo de gestión del riesgo con las escuelas locales

Las instituciones educativas son puntos estratégicos para promover capacidades preventivas. Se recomienda incorporar contenidos curriculares sobre sismos, fallas geológicas y planes de emergencia, considerando la relevancia educativa señalada por UNESCO (2010)

BIBLIOGRAFIA

- Armijo, R., Rauld, R., Thiele, R., Vargas, G., Campos, J., Lacassin, R., & Kausel, E. (2010). *The West Andean Thrust, the San Ramón Fault, and the seismic hazard for Santiago, Chile*. Tectonics, 29(1), 1–34. https://doi.org/10.1029/2009TC002610
- Arenas, F., Lagos, M., & Hidalgo, R. (2010). *Los riesgos naturales en la planificación territorial*. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Audefroy, J. (2003). *La problemática de los desastres en el hábitat urbano en América Latina*. Revista INVI, 18(47), 54–73.
- Báez, J. C., Ruiz, S., Leyton, F., Poli, P., Madariaga, R., & Moreno, M. (2018). *Distribución de deslizamiento del terremoto de Iquique de 2014 a partir de datos sísmicos y geodésicos de banda ancha*. Geophysical Journal International, 213(1), 1–17. https://doi.org/10.1093/gji/ggx561
- Báez, J. C., Leyton, F., Troncoso, C., Del Campo, F., Bevis, M., Vigny, C., Moreno, M., Simons, M., Kendrick, E., Parra, H., & Blume, F. (2018). *The Chilean GNSS Network: Current status and progress toward early warning applications*. Seismological Research Letters, 89(4), 1546–1554. https://doi.org/10.1785/0220180011
- Berllalem, F., Ouabdallah, M., & Kulakov, I. (2015). *Análisis tomográfico de ondas P y S de la zona del terremoto de El Asnam (Argelia)*. Journal of Seismology, 13(1), 1–13. https://doi.org/10.1007/s10950-014-9464-x
- Biblioteca Nacional de Chile. (2023). *Sismos en Chile: Memoria y cultura*. Memoria Chilena. https://www.memoriachilena.gob.cl
- Bocco, G. (2019). *Vulnerabilidad y resiliencia en territorios afectados por riesgos naturales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castro, S. D. (2000). *Riesgos y peligros: Una visión desde la geografía*. GeoCrítica. https://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm
- Centro de Ciencias Sísmicas. (2014). *Fallas en el punto de mira: Avances en la ciencia sísmica desde Northridge*. Southern California Earthquake Center.

- Centro de Estudios de Ciudad y Territorio (CECT). (2022). *Informe sobre planificación territorial y gestión del riesgo*. Universidad de Chile.
- Delouis, B., Monfret, T., Pardo, M., Dorbath, L., & Rivera, L. (1997). *The Mw = 8.0 Antofagasta earthquake of 30 July 1995*. Bulletin of the Seismological Society of America, 87(2), 427–445.
- Delouis, B., & Legrand, D. (2007). *Mw 7.8 Tarapacá intermediate-depth earthquake of 13 June 2005*. Geophysical Research Letters, 34(1). https://doi.org/10.1029/2006GL028193
- Díaz Arcaño, A., & Lorenzo Ruiz, R. (2023). *Gestión del riesgo de desastres y planificación territorial*. Editorial Universitaria.
- Easton, G., Klinger, Y., Rockwell, T., Forman, S., Robledo, S., Baizer, S., & Armijo, R. (2014). *Probing large intraplate earthquakes at the west flank of the Andes*. Geology, 42(12), 1083–1086. https://doi.org/10.1130/G35742.1
- Easton, G., Boroschek, R., Rebolledo, S., Inzulza, J., & Ejsmentewicz, D. (2018). *La falla de San Ramón y la sostenibilidad del piedemonte de Santiago: Recomendaciones para la política pública*. Universidad de Chile.
- Easton, G., Inzulza, J., Pérez, S., Ejsmentewicz, D., & Jiménez, C. (2018). *¿Urbanización fallada?*. Revista de Urbanismo, 38, 1–20. https://doi.org/10.5354/0717-5051.2018.48216
- Egea Jiménez, D. (2011). *Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socioambientales*. Universidad de Granada.
- Franchi-Arzola, I. (2015). *Chile resiste. Pero puede y debe dejar de hacerlo*. El Quinto Poder.
- García-Tornel, F. C. (1984). *La geografía de los riesgos*. GeoCrítica.
- Giner, J. (2001). *Sismicidad y riesgo sísmico en la Comunidad Autónoma Vasca*. Universidad de Alicante.
- Gobierno Regional Metropolitano de Santiago. (2021). *Informe de riesgos naturales en la Región Metropolitana*.
- Heinrichs, D., Nuissl, H., & Rodríguez, C. (2009). *Dispersión urbana y gobernanza metropolitana*. EURE, 35(104), 29–46. https://doi.org/10.4067/S0250-71612009000100002

- Hernández Sampieri, R., & Fernández-Collado, C. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Inzulza, J., Curihuinca, M., Easton, G., & Pérez, S. (2022). *Análisis multicriterio de vulnerabilidad sísmica*. Revista de Geografía Norte Grande, 81, 305–330. https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000100305
- Lavell, A. (2002). *Sobre la gestión del riesgo*. FLACSO.
- Naciones Unidas. (2009). *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Naciones Unidas.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2021). *Planning systems and natural disaster risk reduction*. OECD.
- Real Academia Española. (2023). *Diccionario de la lengua española* (23.ª ed.). https://dle.rae.es
- Sandoval Díaz, M. (2020). *Riesgo, desastre y vulnerabilidad social*. RIL Editores.
- Sandoval Díaz, M., Navarrete Muñoz, A., & Cuadra Martínez, C. (2023). *Resiliencia y adaptación comunitaria frente a desastres*. RIL Editores.
- Servicio de Información y Noticias Científicas (SINC). (2014). *Divulgación científica sobre riesgo y desastres*.
- Tarbuck, E., & Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra*. Pearson Educación.
- UN-Habitat. (2020). *World Cities Report 2020: The value of sustainable urbanization*. Naciones Unidas.
- UNESCO. (2010). *Education in emergencies and disaster risk reduction*. UNESCO.
- UNICEF. (2014). *Education in emergencies: Preparedness and resilience*. UNICEF.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (2019). *Global assessment report on disaster risk reduction*. Naciones Unidas.
- Vargas, G., & Rebolledo, S. (2015). *La Falla San Ramón y el riesgo sísmico en Santiago de Chile*. Revista Geológica de Chile.

ANEXOS

Formato tentativo de Entrevista Semi estructurada:

Para llevar a cabo una entrevista semiestructurada en el contexto de la investigación sobre el impacto del riesgo sísmico y la vulnerabilidad educativa en Peñalolén, Chile.

Esta entrevista está diseñada para explorar cómo los conocimientos de la población en Peñalolén Alto y La Faena están relacionados con el riesgo sísmico y su nivel de vulnerabilidad educativa.

Entrevista Semiestructurada: Impacto del Riesgo Sísmico y Vulnerabilidad Educativa en Peñalolén

Introducción: Hola, mi nombre es Barbara Carbonell y estoy realizando una investigación sobre el impacto del riesgo sísmico y la vulnerabilidad educativa en la comuna de Peñalolén. Sus respuestas serán confidenciales y sólo se utilizarán con fines de investigación. ¿Está de acuerdo en participar en esta entrevista?

1. Datos Generales:

- Entrevistado N°:
- Edad:
- Género:
- Zona de Residencia (Peñalolén Alto / La Faena):

2. Experiencia y Percepción del Riesgo Sísmico:

- ¿Cuál es su percepción sobre la posibilidad de un terremoto en Peñalolén?
- ¿Qué medidas de preparación ante desastres cree que son importantes tener en cuenta?
- ¿Ha experimentado algún terremoto o evento sísmico en la zona?

3. Nivel de Educación y Acceso a Recursos Educativos:

- ¿Cuál es su nivel educativo alcanzado?
- ¿Cómo describiría el acceso a recursos educativos en su comunidad (bibliotecas, centros culturales, programas educativos)?

4. Conocimientos sobre Riesgos Sísmicos:

- ¿Qué sabe sobre la falla de San Ramón y su proximidad a Peñalolén?
- ¿Recuerda haber recibido información o formación sobre qué hacer en caso de un terremoto?
- ¿Cómo cree que el conocimiento sobre riesgos sísmicos puede afectar la respuesta de la comunidad ante un evento sísmico?

5. Impacto en la Vida Diaria:

- ¿Cómo cree que un terremoto podría afectar su vida diaria y la de su familia?
- ¿Ha tomado medidas específicas en su hogar o lugar de trabajo debido a la posibilidad de un terremoto?

6. Opiniones sobre Mejoras y Prevención:

- ¿Qué mejoras sugiere para fortalecer la educación sobre riesgos sísmicos en Peñalolén?
- ¿Considera que hay suficientes recursos dedicados a la preparación para desastres en su comunidad?

Cierre:

- ¿Hay algo más que le gustaría agregar o comentar sobre el tema?

Agradecimiento: Muchas gracias por compartir sus opiniones y experiencias. Sus aportes son valiosos para esta investigación.

Formato tentativo de Encuesta:

I. Datos generales del encuestado

1. Edad: _____
2. Sexo: □ Femenino □ Masculino □ Otro
3. Nivel educativo alcanzado:
   □ Sin escolaridad □ Básica incompleta □ Básica completa
   □ Media incompleta □ Media completa □ Técnica/Superior incompleta □ Técnica/Superior completa
4. Sector donde reside: □ Peñalolén Alto □ La Faena □ Otro: _____
5. ¿Actualmente participa en alguna instancia educativa o comunitaria? □ Sí □ No

II. Condiciones educativas personales y comunitarias

6. ¿Ha tenido dificultades para acceder a la educación en algún momento de su vida?

□ Sí □ No □ Prefiere no responder

7. ¿Considera que su entorno (familia, barrio, comunidad) promueve el aprendizaje y la información sobre temas relevantes?

□ Sí □ No □ Parcialmente

8. ¿Tiene acceso frecuente a información educativa (radio, TV, redes, talleres)?

□ Sí □ No □ Ocasionalmente

9. ¿Participa en actividades comunitarias que incluyan formación o capacitación?

□ Sí □ No □ Ocasionalmente

III. Conocimiento sobre la Falla de San Ramón y riesgo sísmico

10. ¿Ha escuchado hablar de la Falla de San Ramón?

□ Sí □ No

11. ¿Sabe si su vivienda está cerca de esta falla?

□ Sí □ No □ No sabe

12. ¿Considera que representa un riesgo sísmico importante para su sector?

□ Sí □ No □ No sabe

13. ¿Ha recibido información sobre esta falla en su comunidad, medios o talleres?

□ Sí □ No □ Parcialmente

14. ¿Sabe qué hacer en caso de un sismo fuerte?

□ Sí □ No □ Parcialmente

IV. Percepción y preparación comunitaria

15. ¿Cree que su comunidad está preparada para enfrentar un sismo de gran magnitud?

□ Sí □ No □ No sabe

16. ¿Ha participado en simulacros o actividades de preparación sísmica?

□ Sí □ No □ Ocasionalmente

17. ¿Qué tan informado/a se siente sobre el riesgo sísmico en su sector?

□ Muy informado/a □ Medianamente informado/a □ Poco informado/a □ Nada informado/a

18. ¿Qué medidas cree que deberían implementarse para mejorar la preparación educativa ante sismos en su comunidad?

Agradecimiento: Muchas gracias por compartir su participación, es valiosos para esta investigación.

Tabla de codificación en La Faena:

| LA FAENA | | |