



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía



Infraestructura verde para la mejora de espacios públicos degradados por la contaminación industrial: Borde residencial en la periferia industrial de Hualpén

POR

Benjamin Alejandro Delgado Castel

Trabajo Integrativo presentado a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía de la Universidad de Concepción para optar al grado académico de
Magíster en Procesos Urbanos Sostenibles
Área de desarrollo del programa: Proyecto Urbano

Profesor Guía: Dra. Andrea Fernández Covarrubias

Concepción, 22 de Noviembre de 2024



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCIÓN

Magíster en Procesos Urbanos Sostenibles
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía
Universidad de Concepción



© 2024 Benjamín Alejandro Delgado Castel

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.



AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer este trabajo a mi polola Mari, por su paciencia cuando iba a su casa y me tocaba quedarme hasta muy tarde, sin poder hacer mucho más durante el día y por siempre escucharme con atención e intentar ayudarme como pudiera cuando le hablaba de este trabajo. También quiero agradecer a mi mamá por sus consejos, su preocupación y su paciencia cuando estaba muy inmerso en el trabajo y no estaba tan presente en general. Quiero agradecer igual a mi papá que, si bien no se encuentra hoy, sé que está orgulloso de mí y contento por lograr estas metas, ya que siempre me dio apoyo a su manera, aún cuando en el último tiempo ya no estaba bien de salud para poder estar más presente. Agradezco a mi profesora guía por su apoyo en las correcciones y por siempre darme buenos consejos para seguir por un buen camino en el desarrollo de este trabajo. Quiero agradecer también a mi hermano, por prestarme su guitarra e implementos para tocar, ya que me ayudó mucho para distraerme y poder compatibilizar el ritmo de trabajo con todos los otros sucesos que han ocurrido este último año.

Me imagino que me deben faltar muchas personas más a las que también agradezco de corazón por el apoyo en este difícil año y con ello en el desarrollo de este trabajo. Muchas gracias por todo nuevamente.



Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	4
1. Resumen.....	6
● Abstract.....	6
2. Introducción.....	7
3. Elección y fundamentación del tema y lugar.....	7
4. Problemática urbano sostenible.....	12
● 4.1 Degradación ambiental del sector residencial afectado por la contaminación industrial.....	12
● 4.2 Deterioro espacial y subutilización del borde.....	13
● 4.3 Definición de problemática:.....	14
5. Pregunta e hipótesis proyectual.....	15
● 5.1 Pregunta de investigación.....	15
● 5.2 Hipótesis proyectual.....	15
6. Objetivos generales y específicos.....	15
● 6.1 Objetivo General:.....	15
● 6.2 Objetivos Específicos:.....	15
7. Antecedentes del caso.....	16
● 7.1 Contexto histórico del lugar.....	16
● 7.2 La contaminación industrial en el área de estudio.....	18
● 7.3 Normativa y diseño del espacio público de borde.....	19
8. Marco conceptual.....	21
● 8.1 Conflicto de habitar con la industria.....	21
● 8.2 Contaminación industrial.....	22
● 8.3 Deterioro espacial y subutilización del espacio.....	22
● 8.4 El potencial del espacio público para contrarrestar los efectos negativos de la contaminación industrial.....	22
● 8.5 Estrategias de Infraestructura verde y su rol en el espacio público frente a los efectos negativos de la contaminación industrial.....	23
● 8.6 Referentes del uso de estrategias de infraestructura verde en casos similares..	24
● 8.7 Instrumentos de teledetección para el análisis ambiental.....	24
9. Diseño metodológico.....	25
● 9.1 Enfoque:.....	25
● 9.2 Variables o categorías de análisis:.....	25
● 9.3 Técnicas de recolección de información:.....	25
● 9.4 Pasos metodológicos:.....	26
● 9.5 Acceso al campo, limitantes y aspectos éticos:.....	28
10. Resultados y propuesta.....	28



● 10.1 Análisis espacial y ambiental en el caso de estudio.....	28
○ 10.1.1 Análisis Espacial.....	30
■ 10.1.1.1 Cartografía de usos.....	30
■ 10.1.1.2 Cortes urbanos.....	32
○ 10.1.2 Análisis Ambiental.....	35
■ 10.1.2.1 Variables ambientales.....	36
● 10.1.2.1.1 Cobertura Vegetal - Índice NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada).....	36
● 10.1.2.1.2 Humedad - Índice NDWI (Índices de Agua de Diferencia Normalizada).....	37
● 10.1.2.1.3 Humedad - Índice NDMI (Índice Humedad de Diferencia Normalizada).....	37
● 10.1.2.1.4 Temperatura de la superficie terrestre.....	38
● 10.1.2.1.5 Dirección y velocidad de los vientos históricos de la comuna.....	39
● 10.2 Estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y Sbn asociadas.....	40
○ 10.2.1 Cuadro recopilatorio de estrategias de diseño urbano basadas en la naturaleza.....	40
○ 10.2.2 Tabla de factibilidad de estrategias de infraestructura verde y Sbn según tramos:.....	47
● 10.3 Cruce de análisis espacial y ambiental con las estrategias de infraestructura verde y Sbn asociadas.....	48
○ 10.3.1 Cuadro de cruce del análisis espacial y ambiental con las estrategias de infraestructura verde y Sbn asociadas.....	48
○ 10.3.2 Cartografía de propuesta proyectual.....	52
○ 10.3.3 Cortes esquemáticos de estrategias.....	53
○ 10.3.4 Barreras verdes y bosques urbanos en conjunto con infraestructura azul...	54
○ 10.3.5 Humedal artificial y parque inundable.....	54
○ 10.3.6 Las canchas del área de estudio.....	55
○ 10.3.7 Información adicional de la propuesta.....	55
11. Discusión.....	56
● 11. 1 Discusión del resultado de los objetivos específicos.....	56
12. Conclusiones.....	58
13. Referencias bibliográficas.....	60



1. Resumen

El presente estudio aborda la problemática urbana asociada al deterioro del espacio público derivado de la contaminación industrial, problemática que se enmarca dentro del conflicto de habitar con la industria. El caso de estudio corresponde al espacio público intermedio entre la industria y el sector residencial en la periferia de Hualpén, específicamente en el borde del sector El Triángulo y parte de La Floresta ubicado frente al polígono industrial de ENAP. Se identifica el deterioro espacial y la subutilización del espacio público, para poder dilucidar de qué manera las estrategias de diseño urbano pueden contribuir a la mejora de este espacio degradado. Para lograr este objetivo, se plantea como propuesta la implementación de infraestructura verde, que permita contrarrestar los efectos negativos de la contaminación industrial.

De esta manera, se realiza un análisis espacial y ambiental del área de estudio por medio de herramientas de teledetección, junto con la revisión de bibliografía sobre la implementación de infraestructura verde y Soluciones basadas en la naturaleza complementarias (Sbn). Con todo el cruce de esta información, se propone una estrategia proyectual de diseño urbano de este espacio público de borde. Los resultados permitieron identificar las potencialidades y limitantes del área de estudio, además de corroborar la importancia de la colaboración entre estrategias para su correcto funcionamiento, además de la multifuncionalidad que éstas deben cumplir cuando la problemática de fondo tiene una complejidad a una escala mayor.

Palabras clave: Habitar con la industria, deterioro espacial, contaminación industrial, degradación ambiental, infraestructura verde

• Abstract

The present study addresses the urban problem associated with the deterioration of public space derived from industrial pollution, a problem that is framed within the conflict of living with industry. The case study corresponds to the intermediate public space between the industry and the residential sector on the outskirts of Hualpén, specifically on the edge of the El Triángulo sector and part of La Floresta located in front of the ENAP industrial estate. The spatial deterioration and underuse of public space are identified, in order to elucidate how urban design strategies can contribute to the improvement of this degraded space. To achieve this objective, the implementation of green infrastructure is proposed as a proposal, which allows counteracting the negative effects of industrial pollution.

In this way, a spatial and environmental analysis of the study area is carried out through remote sensing tools, together with the literature review on the implementation of green infrastructure and complementary Nature-Based Solutions (NBS). With all of this information, a project strategy for the urban design of this edge public space is proposed. The results allowed us to identify the potential and limitations of the study area, in addition to corroborating the importance of collaboration between strategies for their correct functioning, in addition to the multifunctionality that they must fulfill when the underlying problem has a complexity on a larger scale.

Keywords: Dwelling with industry, spatial deterioration, industrial pollution, green infrastructure, environmental degradation



2. Introducción

El habitar con la industria suele derivar en el surgimiento de conflictos socio-ambientales, ya que en esta condición suele ocurrir que el desarrollo industrial afecta negativamente la calidad de vida de las comunidades que habitan en sectores industriales (Ortiz, 2003). En estos territorios se produce degradación ambiental por la contaminación industrial, lo cual se relaciona con el deterioro espacial de los espacios públicos asociados (Ríos, 2012). Esto conlleva una subutilización de los espacios, por la generación de no-lugares cercanos a sectores residenciales (Gallardo Frías, 2015). En vista del desafío que implica para el diseño urbano esta situación se requiere de insumos teóricos que permitan tener una base para enfrentar esta problemática.

Es por esta razón que se aborda como caso representativo el sector del borde residencial de Hualpén, en específico el borde del sector El Triángulo y parte del sector La Floresta. El primer sector corresponde a la zona de mayor cercanía a la infraestructura vial e industrial en la periferia del sector urbano de la comuna. Este territorio supone un caso representativo para poder plantear soluciones desde el diseño urbano que permitan mejorar la calidad de vida de la comunidad afectada, al abordar el espacio intermedio entre el sector residencial y la industria.

De esta manera, se detalla el caso de estudio, se define la problemática asociada, planteándose luego la pregunta de investigación con su correspondiente hipótesis y los objetivos asociados. Luego se detalla su contexto histórico y luego el marco conceptual, que engloba los conceptos que le dan sustento teórico al estudio. Posteriormente se plantea el diseño metodológico que consiste en el análisis espacial a través de los usos y las relaciones espaciales del sector y el análisis ambiental del área de estudio por medio de instrumentos de teledetección de imágenes satelitales. Con esta información y con la recopilación de estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza (Sbn) proveniente de la revisión de bibliografía, se procede a identificar las estrategias idóneas para el sector. Los resultados obtenidos serán materializados en una cartografía de la propuesta consistente en estrategias de diseño urbano para la mejora del espacio público degradado por la contaminación industrial, con la cual luego se realizará la discusión para llegar finalmente a las conclusiones.

Estas conclusiones permitirán generar conocimiento de utilidad y que sirva como base en casos similares tanto a nivel nacional como en la región. Estos insumos teóricos debieran dar directrices y lineamientos sobre cómo abordar desde el diseño urbano, soluciones proyectuales que se adecúen a situaciones similares en las que la comunidad y su entorno vean afectadas su calidad de vida por la contaminación industrial y los desafíos que ésto conlleva.

3. Elección y fundamentación del tema y lugar

La relación entre sectores industriales y residenciales ha sido una problemática urbana constante en muchas zonas del mundo y del país, sobre todo cuando el desarrollo industrial afecta la calidad de vida de las comunidades, entre los que destacan casos nacionales emblemáticos como los de Quintero-Puchuncaví, Coronel, Til-Til, entre otros (VID, Universidad de Chile y CITRID, 2020). Muchos de estos territorios se suelen



denominar como “zonas de sacrificio”, concepto que se relaciona con la vulneración de los derechos básicos a los que se ve afectada la población en relación a la industria, ya que son casos en los que el Estado no ha sido garante de los derechos básicos para la población, la cual ha visto degradado su medioambiente con toda la carga negativa que ello conlleva (VID, Universidad de Chile y CITRID, 2020). La gestión urbana debería encargarse de abordar estas situaciones, pero muchas veces el desarrollo de las ciudades impide prever cómo será el desarrollo, momento en el que muchas veces se debe optar por soluciones más concretas y a una menor escala para afrontar las problemáticas.

El espacio público muchas veces es una representación de la relación entre la industria y el sector residencial, por lo que debiera abordarse de manera específica, ya que se enfrenta a una problemática de mayor hostilidad para la comunidad, que corresponde a los efectos adversos de la contaminación industrial. Ésta repercute en la vida comunitaria, que ve afectados sus espacios públicos que se presentan degradados ambientalmente y deteriorados espacialmente, lo que se traduce en la subutilización de éstos (Castillo-Gallardo, 2016).

Figura N°1. Mapa de las comunas que comprenden el Área Metropolitana de Concepción y de Hualpén



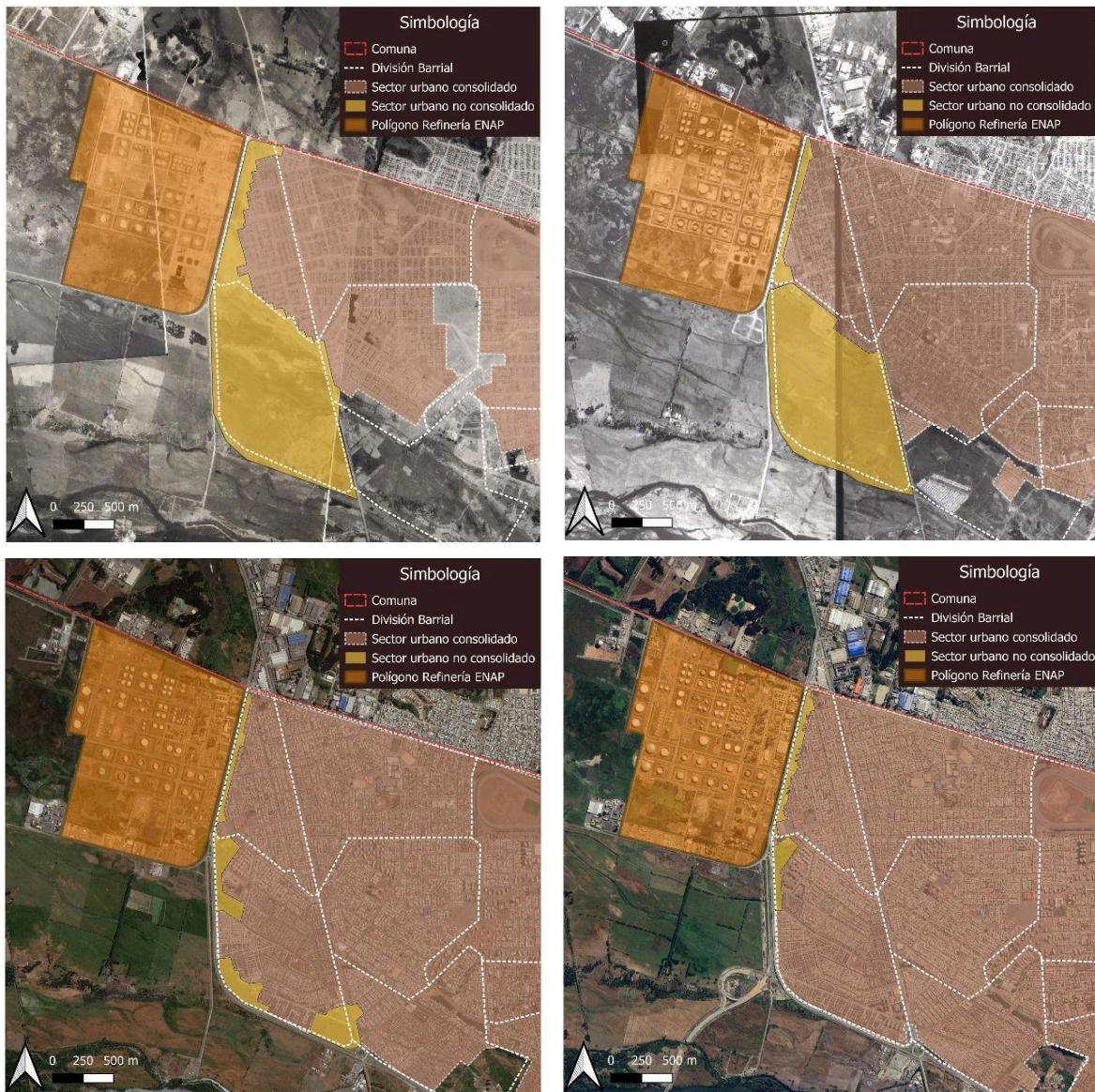
Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2024

Para abordar esta problemática, se elige como caso de estudio la comuna de Hualpén, que es parte del área metropolitana de Concepción. En esta comuna, el conflicto socio-ambiental está asociado a la relación entre el principal sector industrial y el sector residencial próximo en la periferia comunal.

Esta relación se puede comprender mejor al revisar la evolución histórica de la comuna en relación a la industria, la cual evidencia la expansión del sector residencial en dirección hacia el polígono industrial de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP), como se puede ver en las siguientes imágenes en las que se comparan los años 1976, 1992, 2014 y 2024. Estos segmentos de tiempo son representativos de la conformación del polígono industrial, la consolidación del sector residencial, la relocalización de vecinos afectados por la contaminación industrial y la situación actual.



Figuras N°2, 3, 4 y 5. Cartografías correspondientes al año 1976, 1992, 2014 y 2024, respectivamente

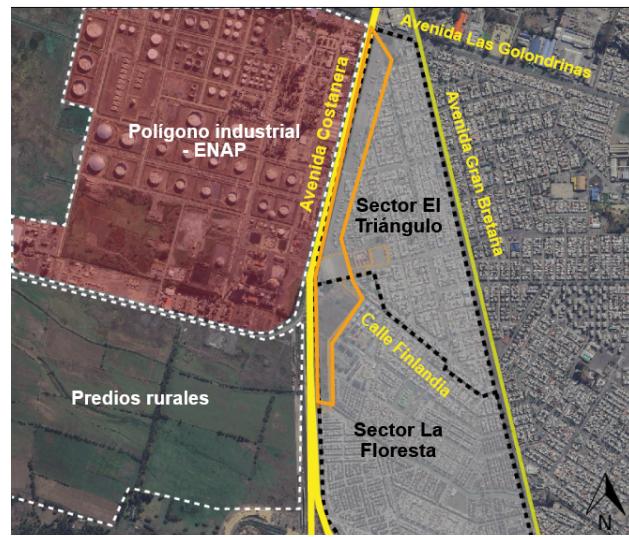


. Fuente: Elaboración propia, 2024

En base a estas cartografías, se puede ver como la zona más crítica corresponde al borde residencial frente al Polígono de la Refinería ENAP, el cual es paralelo a la Avenida Costanera que divide los barrios residenciales de la industria. El principal sector afectado corresponde a El Triángulo, el cual es la zona más cercana a la infraestructura vial e industrial. Este sector limita al norte con la Avenida Las Golondrinas, al este con la avenida Gran Bretaña, al sur con la calle Finlandia y al oeste con la Avenida Costanera. Además, parte de este borde que se encuentra en desuso, está ubicado en el comienzo del sector La Floresta que, si bien se ha visto históricamente menos afectado, también sufre de parte de las consecuencias negativas de la contaminación industrial.

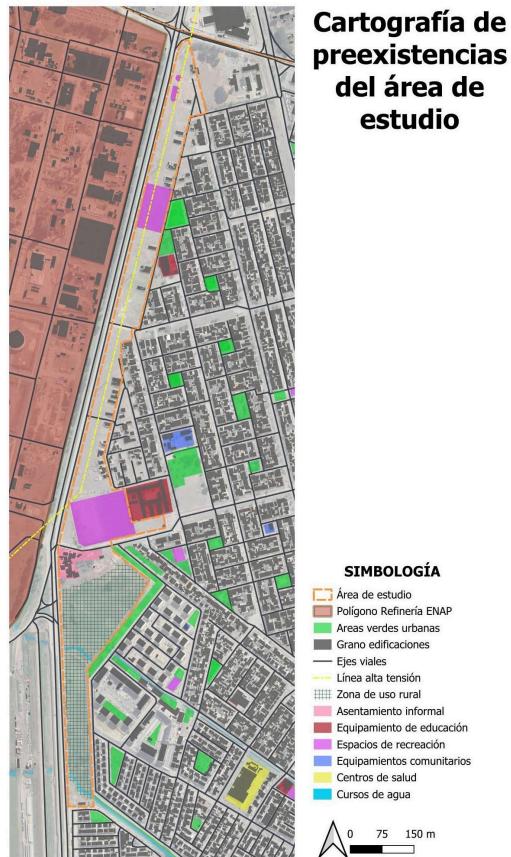


Figura N°6. Área de estudio, indicada en color naranjo



. Fuente: Elaboración propia en base a Google Earth, 2024

Figura N°7. Cartografía de preexistencias en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia en base a QGIS, 2024



Es por esta razón y en el contexto del habitar con la industria y el conflicto socio-ambiental asociado, es que se elige este espacio público de borde como área de estudio, ya que corresponde al lugar que se encuentra más expuesto frente a los contaminantes industriales, según los datos proporcionados por el Informe Ambiental del Plan Regulador Comunal de Hualpén (Municipalidad de Hualpén, 2020), aparte de ser el más representativo de la relación entre el sector residencial e industrial.

Actualmente en este límite entre el sector residencial y la autopista paralela a la industria, se ubica una gran franja de espacio público, que está denominada como Área verde y Parque Comunal, según indica la Ordenanza de Hualpén (Municipalidad de Hualpén, 2022). A pesar de esta denominación en el instrumento territorial, este espacio hoy en día es mayormente un espacio de sitio eriazo, el cual solo alberga algunas canchas y el trazado de alta tensión como muestra la cartografía de preexistencias. El abandono de este espacio se relaciona también al hecho de que en el sector frente al Barrio El Triángulo, anteriormente se encontraban gran parte de las viviendas ahora demolidas proveniente de las familias que han sido relocalizadas, lo que ha aumentado los espacios en desuso (Guerrero, 2022).

El conflicto socio-ambiental debido a la contaminación industrial a la que se ve afectada la población, inició el proceso de relocalización que sigue en curso actualmente (Guerrero, 2022), por lo que la reformulación de este espacio público de borde para formalizarlo como área verde es inminente. Hualpén a su vez, corresponde a la comuna con mayor porcentaje de áreas naturales dentro del área metropolitana de Concepción, ya que un 49% de su territorio corresponde al Santuario de la Naturaleza (Municipalidad de Hualpén, 2013). Este dato da cuenta de la identidad asociada a la naturaleza que la comuna tiene, por lo que supone una oportunidad para plantear un diseño de espacio público que integre parte de esta identidad asociada a la naturaleza, a la vez que permita lograr una mejora en el entorno barrial del lugar abordando las problemáticas asociadas a la contaminación industrial y sus consecuencias.

Abordar esta relación conflictiva entre el sector residencial e industrial por medio de la integración de la naturaleza, supondría un precedente de diseño urbano para abordar casos similares en los que se busque abordar el deterioro de estos espacios en el área metropolitana de Concepción y en otros territorios que comparten problemáticas parecidas. Estrategias proyectuales como éstas, no suponen una solución definitiva a estos conflictos, ya que la regulación ambiental a las industrias contaminantes siempre debiera estar enfocada en darle prioridad a la comunidad y su bienestar, pero sí supone un avance en los casos en los que la expansión urbana alcanza la planificación territorial inicial de las ciudades, por lo que las comunidades y su entorno terminan viéndose afectados.

4. Problemática urbano sostenible

- 4.1 Degradación ambiental del sector residencial afectado por la contaminación industrial

Figura N°8. Impacto de la contaminación industrial a nivel sonoro y olfativo en el sector El Triángulo.



Fuente: Elaboración propia en base al documento original elaborado por ÁreaSur Gestión Urbana, 2007

La coexistencia del sector residencial frente al polígono industrial ENAP ha supuesto una relación problemática que, a lo largo de los años, ha generado un conflicto entre los principales actores involucrados. Este conflicto es evidente cuando se revisan los distintos episodios de problemas de salud derivados de los contaminantes atmosféricos provenientes de la industria que han afectado a la población local (Cabrera, 2023). Las emisiones tóxicas expulsadas al medio ambiente por la industria contienen altas cantidades de azufre y metales pesados, lo que genera un peligro para la salud de los residentes, a la vez que perjudica su entorno barrial en general (Guerrero, 2022). A esto se suma que el área residencial próxima al borde, específicamente la del sector El Triángulo, está denominada como una zona de riesgo de explosión, razón por la que se define esta zona como área verde en el PRC de Hualpén en el año 2022 (Municipalidad de Hualpén, 2022). Además la contaminación industrial suele asociarse directamente



sólo a la contaminación atmosférica, pero también está relacionada a la contaminación visual y acústica, que afecta el entorno barrial y la calidad de vida de los residentes cercanos.

Por los efectos nocivos derivados de las emisiones industriales y el riesgo de verse afectado por una posible explosión, es que un gran polígono que incluye el espacio público de borde y gran parte del barrio El Triángulo, está denominado como área verde y parque comunal en el Plan Regulador Comunal de Hualpén (Municipalidad de Hualpén, 2022). Esta denominación, da cuenta de algunas acciones a nivel de gestión por parte de las autoridades comunales para abordar el conflicto de habitar con la industria y los riesgos asociados. Al proponer una distancia mínima frente a la industria, se protegería a la comunidad de los efectos de una explosión y disminuiría, aunque quizás mínimamente, la exposición directa de contaminantes atmosféricos. El proyecto de diseño del espacio público de este borde como está planificado en el PRC, actualmente está paralizado por la demora en el proceso de relocalización, que impide que este espacio pueda ser intervenido formalmente.

• 4.2 Deterioro espacial y subutilización del borde

El lugar de estudio, que corresponde al espacio público del borde residencial del sector El Triángulo, es a la vez el espacio intermedio entre la infraestructura vial-industrial y el sector residencial, espacialidad que determina su condición de no-lugar, al comprender también parte del trazado de línea de alta tensión en el sector. La denominación de no-lugar se debe a que no es un espacio diseñado para el uso de las personas, sino que para ser funcional a la infraestructura urbana (Gallardo Frías, 2015), lo que implica que se transforme en un espacio impersonal y en el que es difícil generar sentimientos de pertenencia (Hormazabal, Maino, Vergara & Vergara, 2019). Esta condición se relaciona con la subutilización del espacio por parte de la comunidad, lo que se suma a la relocalización de familias, que ha implicado la demolición de gran parte de las viviendas ubicadas dentro del lugar de estudio. El proceso de relocalización ha implicado un aumento de los sitios eriazos dentro del polígono de estudio, transformación que también ha potenciado la imagen de abandono en este borde, lo que se relaciona con el fenómeno del no-lugar. (Ríos, 2012)

Si bien se evidencian ciertos intentos de apropiarse de este no-lugar por medio del uso que se les da a las canchas de fútbol en el Barrio El Triángulo, lo que da muestra del arraigo por parte de los vecinos, estos usos corresponden a un espacio reducido dentro del área total del polígono de estudio que se encuentra mayormente en desuso. Los principales problemas derivados del deterioro del espacio y la subutilización del borde corresponden a los micro basurales y focos de delincuencia que se han percibido en el lugar (MINVU, 2022). El deterioro espacial y el mal uso de los espacios se suman a los problemas base del sector relacionados a la contaminación industrial que, a través de la contaminación atmosférica, visual y acústica, han generado este proceso de degradación del espacio público del lugar. La imagen asociada a este espacio da paso a fenómenos sociales como la estigmatización barrial que genera barreras reales de acceso a servicios, bienes y recursos, al asociar a los residentes con rasgos negativos, como el peligro, la criminalidad y la suciedad (Castillo-Gallardo, 2016). Los efectos negativos en la comunidad son evidentes cuando se corroboran con notas de prensa (Cabrera, 2023), que muestran la dificultad que supone generar vida comunitaria de manera sostenida en el tiempo en un territorio hostil por la contaminación y que, por esta razón, está sujeto a la migración de parte de su comunidad y su entorno construido.



Figura N°9. Fotografía que dan cuenta de los sitios eriazos, que suponen focos delictivos.

Figura N°10. Fotografía de microbasurales en el lugar de estudio.

Figura N°11. Fotografía de microbasurales en el lugar de estudio.

Figura N°12. Fotografía de vivienda rodeada de sitios eriazos post relocalización.



Fuente N°9: Elaboración propia en base a Google Maps, 2024

Fuente N°10: Aravena, 2020

Fuente N°11: Elaboración propia, 2024

Fuente N°12: Elaboración propia en base a Street View, 2024

● 4.3 Definición de problemática:

La problemática urbana identificada sería entonces:

La degradación ambiental del sector residencial afectado por la contaminación industrial (en su componente atmosférica, visual y sonora) y el actual proceso de relocalización derivado de ésta, ha contribuido en el deterioro del espacio y la subutilización del borde del sector El Triángulo y La Floresta emplazados frente a la Refinería ENAP.



5. Pregunta e hipótesis proyectual

- **5.1 Pregunta de investigación**

¿De qué manera las estrategias de diseño urbano pueden contribuir a la mejora del espacio público y la calidad de vida del sector del borde residencial de Hualpén, afectado por la contaminación industrial?

- **5.2 Hipótesis proyectual**

La infraestructura verde como espacio de intermediación entre la industria y el sector residencial, permite mejorar el espacio público del borde residencial del sector El Triángulo y La Floresta en Hualpén, y puede contribuir a la mejora de la calidad de vida de los barrios afectados por la contaminación industrial.

6. Objetivos generales y específicos

- **6.1 Objetivo General:**

Generar estrategias de diseño urbano de infraestructura verde entre la industria y el sector residencial para contribuir en la mejora de la calidad de vida del sector.

- **6.2 Objetivos Específicos:**

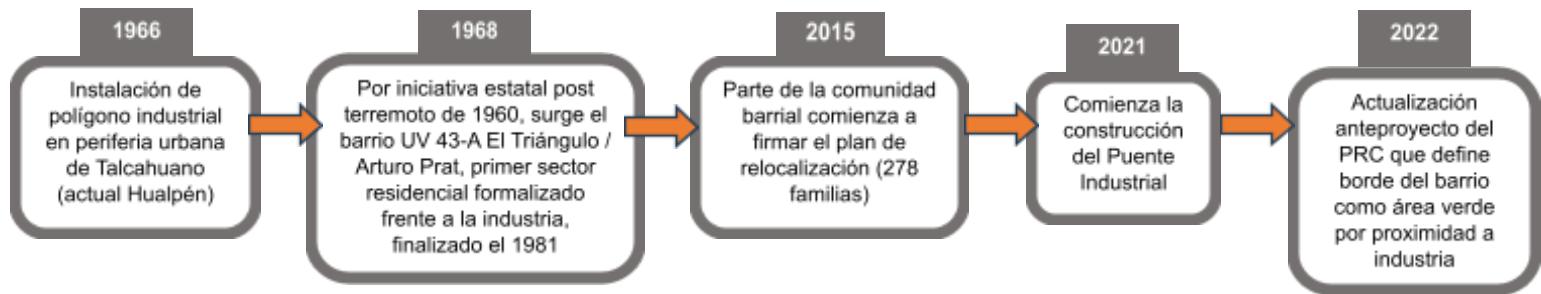
1. Analizar espacial y ambientalmente el espacio público entre la industria ENAP y el sector residencial aledaño en Hualpén.
2. Recopilar, analizar y caracterizar estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y Sbn asociadas, para contrarrestar los efectos negativos de la contaminación industrial
3. Identificar las estrategias de Infraestructura verde y Sbn asociadas que sean factibles y que se adecúen al área de estudio, para diseñar una propuesta proyectual que contribuya en la mejora de la calidad de vida del sector.

7. Antecedentes del caso

• 7.1 Contexto histórico del lugar

Hualpén es una comuna perteneciente al área Metropolitana de Concepción, en la Región del Biobío, siendo creada el año 2004 a partir de la división de Talcahuano, de la cual formaba parte hasta ese mismo año (Municipalidad de Hualpén, 2013). La comuna está ubicada a 36° 41' 22" de Latitud sur y en 73° 06' 09" de Longitud oeste, limitando con las comunas de Talcahuano y Concepción al norte y sur-oriental, respectivamente. Además, limita al sur-poniente con la desembocadura y al nor-poniente con el Océano Pacífico. Con una población de 91.773 habitantes, según el Censo 2017 (Instituto Nacional de Estadística, 2017), el 49% de la comuna corresponde al Santuario de la Naturaleza (Municipalidad de Hualpén, 2013).

Figura N°13. Esquema cronológico de la conformación del sector



Fuente: Elaboración propia, 2024

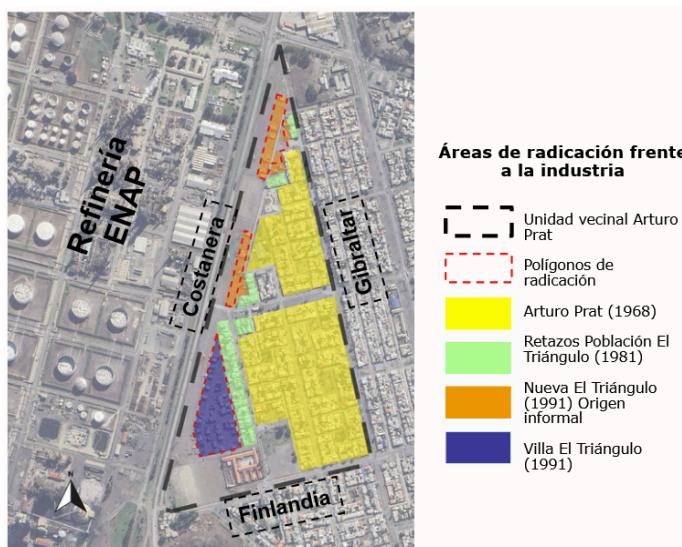
Uno de los principales hitos identitarios y de gran importancia para la comuna, corresponde al polígono industrial de la Refinería ENAP, ubicado en el actual límite urbano. Como muestra el esquema cronológico, la refinería fue fundada el año 1966 y puesta en marcha el año 1967 (Empresa Nacional del Petróleo [ENAP], 2022) en lo que era la comuna de Talcahuano, actual Hualpén (Municipalidad de Hualpén, 2013). Este polígono se enmarca dentro del sector industrial compuesto también por la Siderúrgica Huachipato, ubicada en Talcahuano, por lo que supone una zona de gran importancia económica a nivel comunal y metropolitano.

En un inicio ENAP se encontraba alejada de los sectores urbanos, pero a medida que la demanda habitacional aumentó, surgieron poblaciones entre las que se encuentran la Arturo Prat / El Triángulo conformada el año 1968 y finalizada el año 1981 (ÁreaSur Gestión Urbana, 2007), por iniciativa estatal post terremoto de 1960, ubicada en terrenos expropiados frente al polígono industrial (Ministerio de Vivienda y Urbanismo [MINVU], 2022). La instalación y formalización de estas viviendas se enmarca en la política habitacional de producción masiva de vivienda social durante los años ochenta y noventa en Chile, en la cual el Estado financió estas viviendas, pero sin ser garante de cumplir con los estándares urbanos mínimos, como es en este caso, instalar viviendas próximas a un sector industrial altamente contaminante (Rasse, 2021). Es en este contexto que también en el año 1991 se instala la Población Villa El Triángulo y se formaliza la población Nueva El Triángulo, siendo ésta última de origen informal (ÁreaSur Gestión Urbana, 2007).



Debido a la contaminación atmosférica a la que se veían afectados los vecinos del sector El Triángulo, se fueron registrando a lo largo de los años numerosos episodios críticos relacionados a problemas de salud y malestar físico que afectaron a los vecinos, debido a las emisiones tóxicas de la industria (Cabrera, 2023) que derivaron en protestas de la comunidad afectada y en multas a la empresa ENAP Refinerías (Guerrero, 2022). Por esta razón es que el año 2015, se llega a un acuerdo tripartito entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, la ENAP y el Gobierno Regional, para llevar a cabo un plan de relocalización de 278 familias del sector El Triángulo, tras reconocerse el efecto nocivo para la población que supone su cercanía a la industria (Portal Portuario, 2021).

Figura N°14. Polígonos de radicación del área de estudio.



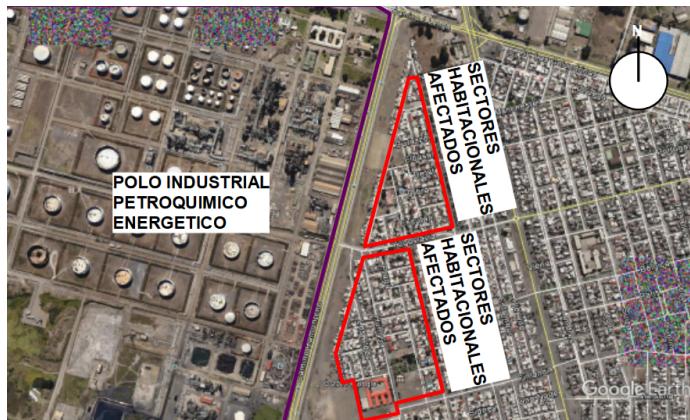
Fuente: Elaboración propia en base al documento original elaborado por ÁreaSur Gestión Urbana, 2007

El año 2021 comienza la construcción del Puente Industrial, que se relaciona con la zona más afectada por la industria, ya que implica un aumento del tráfico vehicular de la autopista próxima al espacio público y con ello un aumento de la contaminación acústica. Finalmente, el año 2022 se actualizó el anteproyecto del Plan Regulador Comunal de Hualpén, promulgado el año 2023, en el que se define este borde del barrio como parque comunal por su proximidad a la industria, además de denominar otros polígonos como áreas verdes para desincentivar el desarrollo inmobiliario (Municipalidad de Hualpén, 2022)



• 7.2 La contaminación industrial en el área de estudio

Figura N°15. Mapa de la comunidad afectada por la industria según informe ambiental de la comuna.



Fuente: Municipalidad de Hualpén, 2020

La contaminación atmosférica en el sector deriva de las emisiones de altas cantidades de elementos químicos en el aire, entre los que se encuentra el dióxido de azufre y metales pesados, tales como el níquel y vanadio, los cuales suponen un peligro para la salud de la comunidad y para el medioambiente en general (Guerrero, 2022). Los episodios más críticos, están relacionados al Colegio República del Perú, en el que se registraron síntomas de intoxicación por inhalación de gases tóxicos en los alumnos, razón por la cual se debieron suspender las actividades en el establecimiento (Meza, 2022).

Sumado a la contaminación industrial, el mapa proveniente del Informe Ambiental N°3 (Municipalidad de Hualpén, 2020), es indicativo de las zonas que se verían afectadas en caso de explosión de la infraestructura industrial, lo cual supone un grave riesgo antrópico asociado a este territorio.

La condición de habitar con la industria en estas condiciones, repercute directamente en indicadores tales como el nivel socioeconómico, en el cual el sector de El Triángulo tiene el nivel más bajo en comparación a La Floresta, que está un poco más alejado de la industria (Centro de Desarrollo Urbano Sustentable [CEDEUS], 2020), lo que agudiza el estigma asociado a este barrio y aumenta la vulnerabilidad social de estos sectores con mayor exposición directa frente a los contaminantes industriales (MINVU, 2022).

Figura N°16. Mapa Vulnerabilidad social de Hualpén



Fuente: Elaboración propia en base a MINVU, 2022

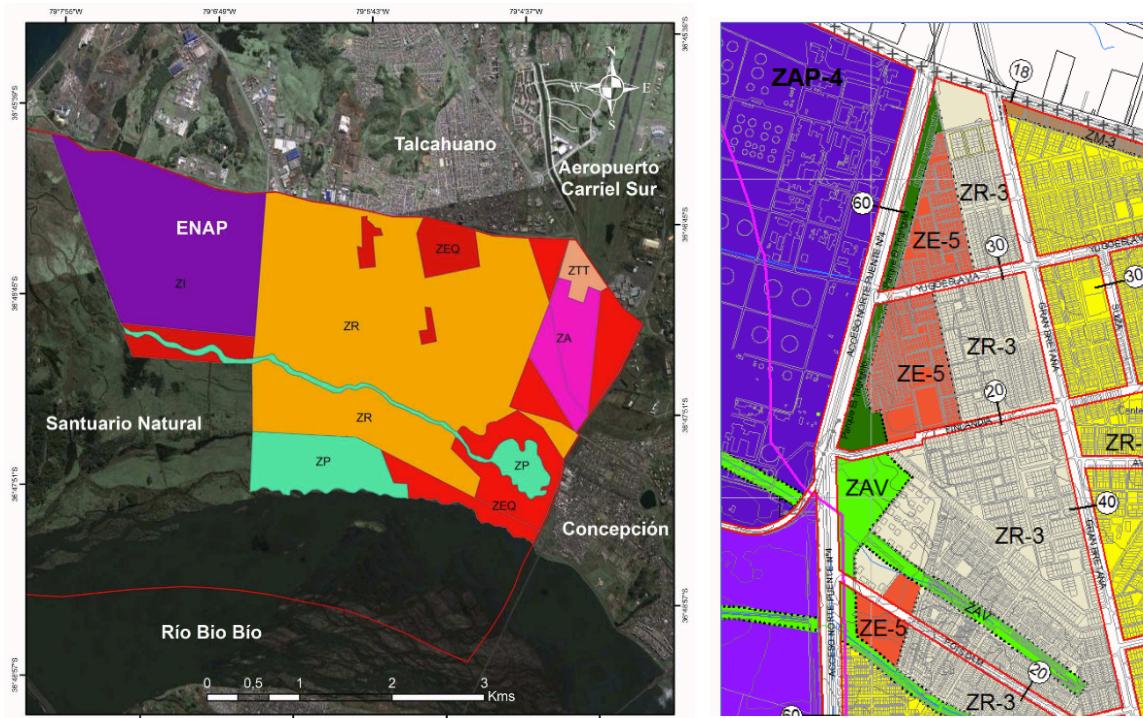
• 7.3 Normativa y diseño del espacio público de borde

En el Plan Regulador Comunal de Talcahuano del año 1982, en la zonificación de Hualpén, la zona en la que se encuentra la zona de estudio, se denominaba como Zona Residencial, a pesar de su proximidad a ENAP (Muñoz, 2021). Entre los años 2008 y 2010, se comienza la elaboración del primer anteproyecto del Plan Regulador Comunal de Hualpén, propuesta que tuvo diversas modificaciones a lo largo de los años, principalmente debido al impacto del terremoto del año 2010 (Municipalidad de Hualpén, 2018)

Modificaciones concretas se realizaron en el sector El Triángulo, cuando en el Informe Ambiental N°2 del PRC de Hualpén, presentado el año 2018, se seleccionó la alternativa N°2 del PRC, en la que se plantea un parque comunal denominado como Parque El Triángulo, en el borde que corresponde al área de estudio. Las zonas con riesgo de explosión industrial próximas a la Refinería ENAP, se denominaron en ese entonces como ZE-5, correspondiente a zonas de equipamiento, las cuales limitaban el desarrollo residencial en el lugar (Municipalidad de Hualpén, 2018).

Figura N°17. Reinterpretación de planos del Plan Regulador Comunal de Hualpén, incluido en el PRC de Talcahuano de 1982.

Figura N°18. Zonificación del área de estudio correspondiente a la alternativa N°2 del anteproyecto del PRC de Hualpén.



Fuente N°17: Muñoz, 2022

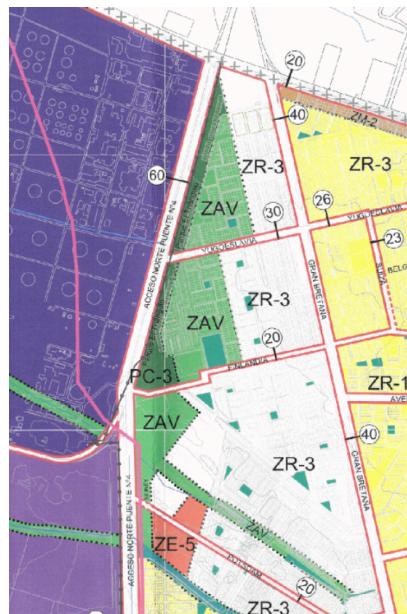
Fuente N°18: Municipalidad de Hualpén, 2018

Recién en una actualización del anteproyecto del PRC de Hualpén publicada en diciembre de 2022 por la Municipalidad de Hualpén, se designan las zonas de riesgo de explosión como ZAV o zonas de áreas verdes (Municipalidad de Hualpén, 2022), propuesta que se mantuvo hasta su promulgación el año 2023. Esto da muestra de la intención por generar una distancia entre el sector residencial e industrial/vial, desincentivando el desarrollo inmobiliario al “congelar” los usos asociados a lo residencial, lo que también sigue la misma línea que el proceso de relocalización de las familias ubicadas en la franja del espacio intermedio entre industria y el sector residencial.

A su vez, este borde denominado como Parque comunal, posee ciertas limitantes de diseño, debido a que a lo largo de su extensión se encuentra el trazado de las líneas de alta tensión, lo que condiciona un futuro proyecto de área verde y actualmente contribuye a empeorar la calidad de este espacio público.



Figura N°19. Imagen de la actualización 2022 del PRC de Hualpén



Fuente: Municipalidad de Hualpén, 2022

En esta franja de borde, no existe una intervención formal de diseño urbano más que el trazado de alta tensión asociado a la industria, una pequeña zona de juegos infantiles y tres canchas de fútbol que, si bien son usadas por la comunidad, se ubican dentro del gran sitio eriazo paralelo a la Avenida Costanera, que sí está en desuso. La falta de configurantes de diseño tales como arborización o áreas verdes formales en este borde, provoca que espacio vacío se enfrente directamente a la carretera y a la industria, exponiendo directamente a las viviendas, sin que ningún elemento urbano permita atenuar la contaminación industrial.

8. Marco conceptual

• 8.1 Conflicto de habitar con la industria

La problemática identificada en el borde residencial de Hualpén está enmarcada dentro del concepto del conflicto de habitar con la industria. El habitar se relaciona con el conjunto de prácticas automáticas y repetitivas que por medio de la reiteración con cierto espacio lo transforman en algo familiar y provisto de sentido, logrando una domesticación de éste (Giglia, 2012). El conflicto de habitar con la industria en específico está relacionado a la dificultad que supone habitar cerca de polígonos industriales, los cuales corresponden a lugares hostiles, impersonales e inapropiables, lo que dificulta el proceso de generar sentimientos de pertenencia en las zonas asociadas (Hormazabal, et. Al, 2019). En el caso de estudio, los predios vacíos generados luego de la demolición de las casas de familias relocalizadas, promueven la proliferación de no-lugares. Este concepto, acuñado por Marc Augé en su obra *Los no lugares, espacios del anonimato: una antropología de la soñremodernidad* (1992) y referenciado por Gallardo Frías (2015), se refiere a áreas no destinadas para un uso del humano como usuario, ni como espacios de encuentro. Esta situación se condice con el área de estudio en la que predomina el



trazado de alta tensión paralelo a una autopista próxima a la industria. De esta manera, la domesticación del espacio por medio del habitar se dificulta, ya que implica que se generen usos, significados y memorias colectivas (Giglia, 2012) en lugares no pensados para las personas y en los que la contaminación industrial hostiliza su uso.

- **8.2 Contaminación industrial**

Para el caso de estudio, la contaminación industrial se refiere a la componente atmosférica, visual y sonora. En este caso, la contaminación atmosférica, que se refiere a la presencia de contaminantes que modifican la composición atmosférica, afectando a los componentes del ecosistema (Oyarzún, 2010), se relaciona a la emisión de químicos como el dióxido de azufre y metales pesados, tales como el níquel y vanadio (Guerrero, 2022). Éstos se relacionan a malos olores y problemas de salud que han afectado a la comunidad (Cabrera, 2023). La contaminación visual se produce cuando existen elementos “no arquitectónicos” que invaden la fisionomía del paisaje, como la infraestructura industrial y las líneas de alta tensión en este caso, lo que genera malestar y estrés en los observadores (Pérez Manrique, 2022). Por último, la contaminación acústica o sonora, hace referencia al ruido como un sonido molesto que puede generar efectos nocivos a nivel tanto fisiológico como psicológico para la comunidad (Carrasco-Jocope et al., 2023), relacionándose en este caso con el ruido proveniente de la infraestructura industrial y vial próxima al área de estudio. La contaminación industrial repercute directamente en la degradación ambiental que se refiere a las perturbaciones al medio ambiente que se perciben como perjudiciales o no deseados (Johnson et al., 1997).

- **8.3 Deterioro espacial y subutilización del espacio**

La contaminación industrial y su relación con la degradación ambiental están ligados de manera directa con los procesos de deterioro y subutilización del espacio. El proceso de relocalización derivado de la degradación ambiental, ha generado el abandono de predios y demolición de viviendas ubicadas en la franja de estudio, lo que ha contribuido en el deterioro espacial. En este caso de estudio, el concepto alude a la generación de espacios abiertos informales que suelen ser terrenos contaminados, abandonados o no habilitados para su uso, que se caracterizan por no estar construidos y suelen ser subutilizados, de manera que tienen un uso informal inferior al potencial de aprovechamiento urbano (Ríos, 2012). Esto a su vez, potencia otros fenómenos tales como la estigmatización territorial, la cual liga a los residentes que habitan en zonas degradadas a los aspectos negativos asociadas a éstas, los cuales en este caso corresponden a las zonas residuales y los focos delictivos que se relacionan con el peligro, la criminalidad y suciedad (Freidlin et. al, 2019).

- **8.4 El potencial del espacio público para contrarrestar los efectos negativos de la contaminación industrial**

El espacio público, entendiéndolo como el espacio primordial para el desarrollo ciudadano y la cohesión social (Rojo, 2017), supone un elemento del diseño urbano con gran potencial para lograr la mejora del entorno urbano del sector, ya que permite actuar como un receptor y, a la vez, un amortiguador de los impactos ambientales derivados de la contaminación industrial y sus componentes (Carrasco-Jocope et al., 2023). De esta manera, el espacio público tiene el potencial de contrarrestar parte de los efectos negativos asociados a la industria, como lo son la contaminación industrial -tanto atmosférica como visual y sonora-, y los fenómenos asociados tales como el deterioro espacial, la subutilización de espacios y la estigmatización territorial.



- **8.5 Estrategias de Infraestructura verde y su rol en el espacio público frente a los efectos negativos de la contaminación industrial**

La infraestructura verde se refiere a planificación estratégica de áreas naturales y semi naturales con un diseño de características ambientales, como herramienta para otorgar beneficios sociales, económicos y ecológicos en entornos urbanos y/o rurales. (Zucchetti, 2020). Su implementación estratégica en espacios públicos tiene bastante respaldo teórico, lo cual supone una ventaja en el caso de estudio actual, en el cual se percibe una situación crítica que requiere de la acción controlada y estratégica de los parámetros a considerar, en vista de las complejidades identificadas en el lugar de estudio.

El potencial de la implementación de infraestructura verde en espacios públicos se relaciona a diversos beneficios y servicios ambientales que aporta, entre los que destacan: contrarrestar los efectos del cambio climático, la purificación del aire por medio de la retención de material particulado contaminado, la gestión de aguas pluviales junto con la infraestructura azul, la restauración ecológica y generación de corredores ecológicos, la reducción de contaminación acústica, la regulación microclimática y la mejora de la salud comunitaria, entre otras muchas virtudes (Moreno, et al., 2014). Además estas estrategias permiten mejorar la resiliencia urbana, lo que se relaciona al manejo frente a fenómenos naturales como inundaciones (Moreno, et al., 2014), en las que pueden tener un rol preventivo en casos de desastres antrópicos asociados al transporte de desechos químicos provenientes de la industria, al contribuir en la filtración de éstos (Labra & Fehr, 2024). Al encontrarse dentro de la infraestructura verde, ciertas estrategias que plantean barreras espaciales, puede también contribuir a disminuir los peligros por el riesgo de explosión a los que el sector residencial se vería afectado según indica el informe ambiental de Hualpén (Municipalidad de Hualpén, 2020)

El concepto de infraestructura verde es parte de lo que se conoce como Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN), que se refiere a las acciones concretas para gestionar, restaurar y proteger los ecosistemas naturales que abordan los desafíos sociales, proporcionando beneficios para la biodiversidad y el bienestar humano (World Conservation Congress, 2016). De esta manera, este concepto incluye otras estrategias de diseño urbano basadas en la naturaleza, tales como la infraestructura azul que se relaciona al manejo de aguas urbanas como cuerpos de agua, sistemas de drenaje urbano sostenible (SUDS) y áreas húmedas (Labra & Fehr, 2024), lo cual puede ser complementario a las estrategias de infraestructura verde.

La aplicabilidad específica de la infraestructura verde para la reducción de la contaminación atmosférica, tiene antecedentes en relación a las propiedades que ciertas especies tienen para esta problemática específica. A lo largo de los años, se le ha dado mayor énfasis a la investigación de la vegetación como mitigador de los contaminantes del aire en zonas urbanas, ya que al estudiar la micro-estructura y fisiología de ciertas especies, se ha podido concluir cuáles son más idóneas para la intercepción y captura de contaminantes (Alcalá, 2008).



● 8.6 Referentes del uso de estrategias de infraestructura verde en casos similares

Los referentes presentados corresponden a propuestas que abordan por medio de la infraestructura verde, distintos aspectos de la problemática identificada, sobre todo en relación a la reducción de los efectos negativos de la contaminación industrial y la mejora de espacios públicos degradados por este mismo factor.

El primer referente corresponde al Proyecto Arroyo Culebro en Madrid, en el cual se implementa la infraestructura verde por medio de un parque periurbano centrado en la restauración ecológica de áreas degradadas ambientalmente (Fernández & Yáñez, 2015), en el que se enfatiza en el rol de amortiguación entre zonas industriales y residenciales.

El Plan Verde Coronel 2050, que corresponde a un plan de gestión municipal enfocado en mejorar la cantidad y calidad de los espacios verdes de la comuna, plantea la proyección de franjas arbóreas para mitigar el material particulado, resguardando los sectores residenciales de los contaminantes industriales (Vásquez et al., 2023). En este se destaca la recuperación de áreas periurbanas con el fin de que se transformen en parques que proporcionen servicios ecosistémicos como la mejora de la calidad del aire, promoviendo la vinculación con políticas locales para este objetivo.

Se considera también como referente el ejercicio académico del Taller de Planificación Integrada en Contexto de Zonas de Sacrificio del Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales de la Universidad Católica, en el que se toma como caso de estudio la zona de Tilitil. En éste se incluye como una de las propuestas, un proyecto de Cinturón verde, enfocado en la mitigación del efecto nocivo de las industrias en el sector de Rungue y Montenegro, además de la recuperación ecológica y la limitación de la expansión urbana hacia zonas industriales que impliquen una exposición riesgosa para la salud de la comunidad (Correa et al., 2022).

Los tres referentes coinciden en la multifuncionalidad con la que los proyectos de infraestructura verde deben diseñarse, además de su integración con las políticas locales y la inclusión de las comunidades en el mantenimiento y compromiso con éstos.

● 8.7 Instrumentos de teledetección para el análisis ambiental

Para la realización del análisis ambiental del área de estudio y el posterior reconocimiento de las condiciones ambientales y potencialidades del lugar para la implementación de estrategias de infraestructura verde y Sbn complementarias, se utilizará un sistema de teledetección que consiste en la combinación de bandas en imágenes del satélite Sentinel 2. Esta metodología, aplicada a través del programa QGIS, analiza los datos del instrumento multiespectral del satélite, combinando las 13 bandas espectrales de este instrumento, las cuales van desde el espectro visible e infrarrojo, hasta el infrarrojo de onda corta (Borràs et al., 2017). Esta información sirve para la generación de productos tales como mapas de usos de suelo, de riesgo, y también para identificar variables biofísicas de la vegetación como la cobertura vegetal o el contenido de agua en las hojas, entre otros usos (Borràs et al., 2017).



9. Diseño metodológico

- **9.1 Enfoque:**

El enfoque metodológico propuesto para el estudio corresponde al mixto, debido a que se recopila información cualitativa relacionada a las características espaciales del sector y de tipo cuantitativa, que corresponden a las características ambientales del sector y la recopilación de bibliografía asociada a la infraestructura verde y Sbn complementarias.

- **9.2 Variables o categorías de análisis:**

1. Análisis espacial del lugar de estudio mediante el estudio del uso de suelo, escala, dimensiones y las relaciones espaciales del área de estudio.
2. Análisis ambiental del espacio público de borde, por medio del estudio de la presencia de vegetación, niveles de humedad y cuerpos de agua, y la temperatura de la superficie terrestre en el espacio público.
3. Análisis de las estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y Sbn complementarias que contribuyan a la mejora del espacio público degradado por la contaminación industrial.

- **9.3 Técnicas de recolección de información:**

-Observación de campo y revisión de archivo para identificar las dinámicas y características espaciales del espacio intermedio entre la industria y el sector residencial, a través de las siguientes variables: uso de suelo, escala, dimensiones y relación espacial.

Instrumentos de recolección de información:

- Mapeo de usos formales e informales de la comunidad por medio de trazado digital
- Cortes urbanos (Rivas, 2015)
- Google Earth
- Fotografías

-Elaboración de cartografías que den cuenta de las características ambientales presentes en el área de estudio. Las variables a considerar corresponden a la presencia de vegetación, niveles de humedad y cuerpos de agua, y la temperatura de la superficie terrestre en el espacio público.

Instrumentos de recolección de información:

- Imágenes satelitales del Sentinel-2 provenientes de la plataforma Copernicus Data Space
- GIS (Geographical Information System) por medio del programa QGIS para levantar las variables ambientales a través de la combinación de bandas de imágenes satelitales Sentinel-2
- Cartografías de la plataforma RSLab con información de la temperatura de la superficie terrestre
- Datos complementarios con respecto al viento en la comuna, provenientes de la página Meteoblue. No se consideró como una variable a estudiar, pero sí es complementaria de los resultados obtenidos.



-Recopilación y análisis de bibliografía sobre infraestructura verde y Sbn asociadas, con respecto a las estrategias a implementar, su objetivo, los requerimientos, las características de la vegetación y las especies a utilizar.

Instrumentos de recolección de información:

- Revisión de bibliografía
- Cuadro resumen de las estrategias recopiladas de la bibliografía

-Análisis de las estrategias de infraestructura verde y Sbn recopiladas, junto con el cruce de la información anterior que corresponde al análisis espacial y ambiental del sector, con el fin de determinar el tipo de infraestructura verde y Sbn adecuada a implementar para la propuesta de diseño urbano.

Instrumentos de recolección de información:

- Cuadro de cruce de información de la estrategias de infraestructura verde y Sbn recopiladas con la información del análisis espacial y ambiental para ser aplicada en una propuesta de diseño urbano

• 9.4 Pasos metodológicos:

- Elaboración de cartografía que dé cuenta del análisis de las dinámicas espaciales en el área de estudio, para lo que se propone un análisis graficado en un mapeo digital de los usos informales y formales junto con fotografías, lo que permitirá identificar los principales elementos urbanos del lugar. Además se elaboraron cortes urbanos del espacio público intermedio entre la industria y el sector residencial. Los cortes urbanos permiten identificar las variables a analizar que corresponden a la escala, las proporciones y la relación espacial en distintos tramos. Para la cartografía de usos se confeccionó un mapa esquemático con tramos y subtramos del área de estudio para poder identificar de manera más precisa las zonas, mientras que los cortes tienen otro mapa esquemático de la ubicación de éstos dentro del área de estudio.
- Elaboración de cartografías para identificar las características ambientales del área de estudio, para lo que se consideraron los datos relacionados a la cobertura vegetal, la humedad y la temperatura de la superficie terrestre. Para el análisis de cobertura vegetal y la humedad en el área de estudio, se procesaron los datos por medio del programa QGIS, utilizándose la combinación de bandas de imágenes satelitales Sentinel:
 - o El análisis de la cobertura vegetal, permite identificar las zonas con mayor presencia de vegetación, lo que se relaciona a factores como el uso y la presencia de humedad en el suelo. Esta variable permite identificar las zonas en las que debiera funcionar mejor la infraestructura verde a proponer, en relación a la presencia actual de vegetación. Para trabajar esta variable se utilizó el Índice NDVI, el cual se traduce del inglés como “Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada” y corresponde a un indicador de biomasa fotosintéticamente activa que permite estudiar características de la vegetación como la densidad, ubicación y las formas de agrupación (Gertosio Swanston & Lira, 2022). Este indicador se obtiene por medio del contraste entre la vegetación sana y enferma, analizando la



actividad fotosintética de la planta y su nivel de clorofila. Para estudiar los valores de este indicador existen 5 categorías (Chuvieco, 1999, como se cita en Gertosio Swanston & Lira, 2022):

1. Suelo sin vegetación (< 0,2)
 2. Poca vegetación (0,2-0,4)
 3. Vegetación media (0,4-0,6)
 4. Vegetación densa (0,6-0,8)
 5. Vegetación muy densa (> 0,8)
- o El análisis de la humedad, permite identificar las zonas de mayor factibilidad para implementar estrategias de infraestructura verde e infraestructura azul, al indicar la mayor presencia de recursos hídricos para el crecimiento de vegetación. Para determinar esto, se utilizan los indicadores de NDWI y NDMI (traducidos del inglés como Índice de Agua de Diferencia Normalizada e Índice de Humedad de Diferencia Normalizada, respectivamente). El índice NDWI corresponde al índice de mayor utilidad para cartografías de cuerpos de agua, al realzar las masas de agua al reducir la reflectancia del suelo y la vegetación, mientras que el índice NDMI permite identificar el nivel de estrés hídrico del cultivo, indicando los niveles de humedad en la vegetación (Taloor et al., 2021). Para estudiar los valores del índice NDWI, se consideran los siguientes rangos (EOS Data Analytics, 2023):
 - Superficie del agua (0,2 – 1)
 - Inundación, humedad (0,0 – 0,2)
 - Sequía moderada,superficies sin agua (0,3 – 0,0)
 - Sequía, superficies sin agua (-1 – -0,3)

Para el índice NDMI, se considera estrés hídrico los valores negativos que se acercan a -1, mientras que >1 puede indicar anegamiento (EOS Data Analytics, 2023).

Para el análisis de la variable de la temperatura de la superficie terrestre (LST, en sus siglas en inglés), se utilizó la plataforma RSLab para extraer cartografías con información gráfica de esta variable, y que además fueran representativas de las cuatro estaciones del año 2022 y 2023, las cuales también fueron procesadas en QGIS. Esta variable ambiental permite identificar islas de calor a lo largo de distintas fechas, con lo cual se pueden elaborar estrategias de infraestructura verde y Sbn focalizadas en la reducción de las islas de calor y así contribuir en la regulación climática. Este parámetro mide la emisión de radiación térmica de la superficie terrestre donde la energía solar interactúa y calienta el suelo o en la parte superior de la vegetación (Hulley et al., 2019). Como dato complementario, se utilizó la información correspondiente a la dirección y velocidad de los vientos históricos de la comuna, datos que fueron extraídos de la página Meteoblue.

- Revisión y análisis de bibliografía sobre ejemplos de estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y de Sbn complementarias, para su posterior caracterización en relación a sus objetivos, los requerimientos necesarios para su funcionamiento, las características de la vegetación y las especies vegetativas adecuadas para cada estrategia. Con esta información se realizó un cuadro recopilatorio con las variables mencionadas para luego verificar su factibilidad de ser implementadas en el área de estudio por medio de otro cuadro de síntesis, centrándose en las potencialidades del área de estudio.



- Cruce de la información extraída en el análisis espacial y ambiental para ser sintetizada en un cuadro comparativo con las variables de cada análisis y estrategias de infraestructura verde y Sbn que se determinaron factibles para el área de estudio. De esta manera, se pueden determinar las características de cada estrategia de infraestructura verde y Sbn asociadas, en base a las variables correspondientes al análisis espacial y ambiental, y del sector del área de estudio. Con esta información, se pueden generar conclusiones y reflexiones en base a los resultados.
- Diseñar una estrategia proyectual a modo de cartografía en base a las conclusiones del punto anterior, lo que se complementa con cortes de las estrategias propuestas, para así responder al objetivo general del estudio y a la pregunta de investigación.
- Corroborar hipótesis y contrastar resultados esperados con el diseño para generar conocimiento útil para futuras investigaciones.
- **9.5 Acceso al campo, limitantes y aspectos éticos:**
- No se poseen ortofotos de los períodos exactos que eran representativos de la instalación de la industria y el asentamiento del sector residencial (1966 y 1981, respectivamente) en el área de estudio, por lo que se opta por utilizar material de los años 1976 y 1992, que siguen siendo útiles y representativos de la evolución histórica del área de estudio.
- Tiempo ajustado impidió realizar un catastro representativo de la población local para elaborar propuestas proyectuales vinculantes que sean complementarias al proyecto de infraestructura verde y Sbn propuesta.
- No se tiene información con respecto a la calidad del suelo del área de estudio para mayor rigurosidad en la implementación de infraestructura verde.

10. Resultados y propuesta

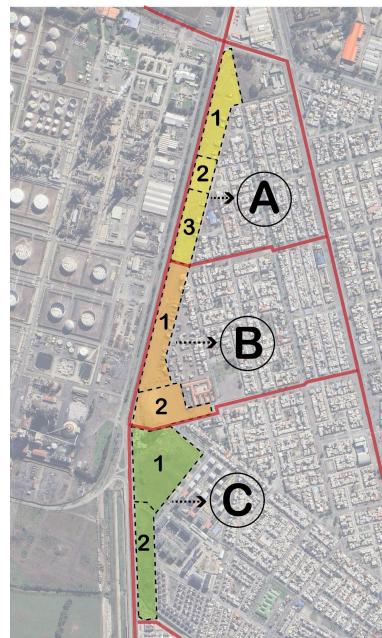
A continuación, se presentan la totalidad de los resultados del estudio, ordenados en función de los objetivos establecidos anteriormente, aplicando la metodología y técnicas de recolección de información aplicables a cada variable de análisis.

• 10.1 Análisis espacial y ambiental en el caso de estudio

Para el análisis espacial se elaboró una cartografía de usos en el área de estudio, evidenciando las dinámicas espaciales de uso tanto formales como informales. Esta información se obtuvo en base a observación de campo, revisión satelital por medio de Google Earth y revisión de prensa, complementando estas cartografías con fotografías del sector.

Para facilitar el análisis y su entendimiento en profundidad, se elaboró un mapa esquemático con tramos del área de estudio en base a los ejes viales que atraviesan el polígono del área de estudio. Además, se identificaron subtramos en cada tramo, definidos por los usos correspondientes y la presencia de límites físicos:

Figura N°20. Esquema de tramos y subtramos del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2024

Tramo A (indicado en amarillo): Va desde el Camino a Lenga donde inicia el espacio público hasta la calle Yugoslavia. Los subtramos se definieron en función de los principales usos presentes en este tramo:

- **Subtramo A1:** comprende desde el Camino a Lenga hasta la cancha del tramo.
- **Subtramo A2:** comprende la totalidad de la cancha del Club Deportivo Los Halcones N°9
- **Subtramo A3:** comprende el espacio entre el final de la cancha hasta la calle Yugoslavia.

Tramo B (indicado en naranjo): Desde la calle Yugoslavia hasta la calle Finlandia. Los subtramos se definieron en función de los principales usos presentes en este tramo:

- **Subtramo B1:** comprende desde la calle Yugoslavia hasta el inicio de las canchas del tramo.
- **Subtramo B2:** comprende el espacio de las canchas del Club Deportivo El Triángulo N°8 y Luis Vera N°7, junto con los espacios asociados a éstas y la zona próxima al Colegio República del Perú hasta la calle Finlandia.

Tramo C (indicado en verde): Corresponde al predio perteneciente a la familia Price y comprende desde la calle Finlandia hasta la calle C. Aragón, la cual marca el inicio del sector de La Floresta. Los subtramos se definieron en función de los límites físicos correspondientes al primer curso de agua que atraviesa el tramo C, el cual si bien es atravesado por un segundo canal, se consideró como límite la calle C. Aragón, al ser un espacio muy reducido entre el segundo canal y esta calle.

- **Subtramo C1:** comprende desde la calle Finlandia hasta el primer canal que atraviesa el tramo C.

- **Subtramo C2:** comprende desde este canal hasta la calle C. Aragón.

- **10.1.1 Análisis Espacial**
 - **10.1.1.1 Cartografía de usos**

Figura N°21. Cartografía general de usos del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia, 2024



Figura N°22, 23, 24 y 25. Fotografías del área de estudio, indicadas en el mapa con (1), (2), (3) y (4), de arriba abajo, izquierda a derecha.



Fuente N°22: Google Maps, 2024

Fuente N°23: Elaboración propia, 2024

Fuente N°24: Elaboración propia, 2024

Fuente N°25: Google Maps, 2024

Tramo A: Esta zona comprende los subtramos A1, A2 y A3. En este tramo destaca la cancha del Club deportivo Los Halcones N°9 (subtramo A2), la cual tiene usos asociados como estacionamientos, que dependen del uso periódico de las canchas. En los subtramos A1 y A3, se encuentran gran cantidad de sitios eriazos derivados del proceso de relocalización y además estos dos subtramos corresponden a las zonas con más presencia de microbasurales y en las que se percibe mayor cantidad de rutas peatonales. El subtramo A1 se percibe como la zona de mayor abandono, debido a los microbasurales, la menor presencia de viviendas cerca y su condición de extremo del área de estudio, a la vez que tiene mayor cantidad de atravesos informales de automóvil. En el subtramo A3 también se perciben gran cantidad de microbasurales, ya que su proximidad a la calle Yugoslavia, facilita el depósito de basura desde el exterior.

Tramo B: Esta zona comprende los subtramos B1 y B2. En el subtramo B1 destaca el gran espacio eriazoso en el cual hay un gran tránsito informal del automóvil mientras que en el subtramo B2, se encuentran las canchas Luis Vera N°7 y del Club Deportivo El Triángulo N°8, próximas al Colegio República del Perú. Alrededor de las canchas del subtramo B2, se encuentran gran cantidad de sitios eriazos que se utilizan como estacionamiento asociado a las canchas, mientras que en el subtramo B1, ciertos



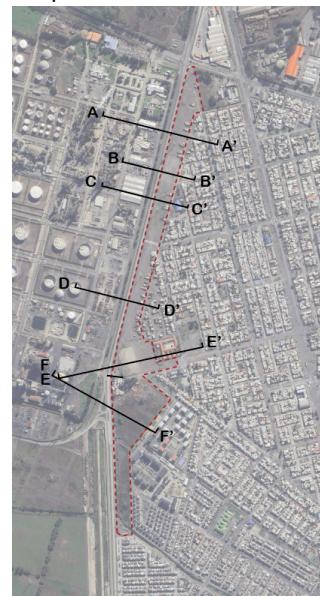
espacios en desuso están siendo utilizados por vulcanizaciones. La predominancia del automóvil está asociada a la cancha y el tráfico paralelo a la carretera, lo cual también se puede relacionar al uso de vulcanizaciones.

Tramo C: Esta zona comprende los subtramos C1 y C2. Corresponde a un predio privado perteneciente a la familia Price en el cual hoy se encuentran un conjunto de viviendas próximas a la calle Finlandia que corresponden a un asentamiento informal. En este espacio, destacan algunos traspasos interiores informales y el uso ganadero en el que suelen pastar animales asociados a las viviendas del asentamiento informal del subtramo C1. Por el lado este, el tramo C está rodeado por el Parque J. Hamilton de Sydney, desde donde existen los atravesos hacia la Avenida Costanera. En el subtramo C2, también tiene un uso de pastoreo de animales y se conecta de manera informal con el sector de la Floresta al bordear por la berma de la Av. Costanera. Este sector se encuentra más alejado de la influencia negativa de la contaminación industrial por su ubicación y alta presencia de vegetación, creando un cinturón verde que separa la industria del sector residencial formal.

■ 10.1.1.2 Cortes urbanos

Se realizaron cortes representativos de las distintas relaciones espaciales presentes en el área de estudio, con el objetivo de graficar las diferencias de proporciones y escala que se pueden encontrar a lo largo del espacio intermedio entre la industria y el sector residencial. El corte urbano supone un instrumento descriptivo, permitiendo incorporar textos, elementos sociales e iconografías para intencionar la imagen del lugar por medio del “atravesamiento conceptual”, al seleccionar y discriminar unos elementos en lugar de otros (Rivas, 2015). De esta manera, los cortes se realizaron con el fin de que se muestre tanto el sector residencial, el espacio intermedio y el sector industrial para privilegiar las relaciones espaciales en el lugar de estudio. Para una mejor comprensión, se realizó un esquema en el que se indica la ubicación de los cortes en el área de estudio:

Figura N°26. Esquema de ubicación de cortes urbanos.

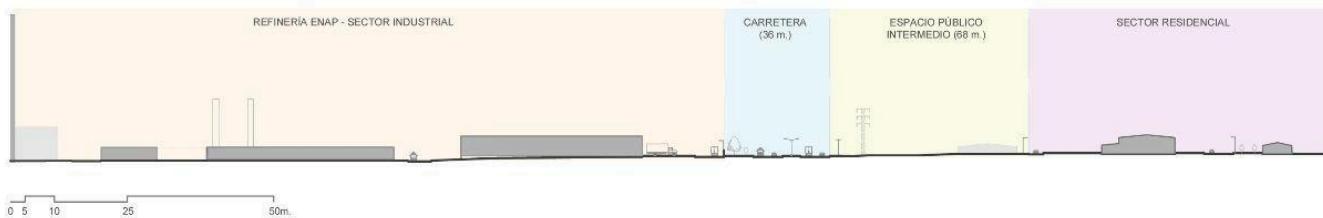


Fuente: Elaboración propia, 2024



Corte urbano A-A'

Figura N°27. Corte urbano A-A'.

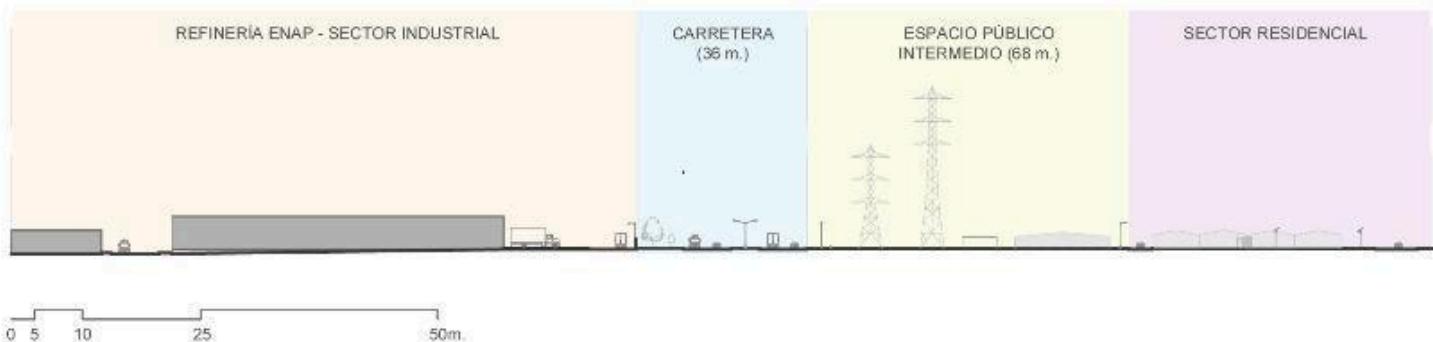


Fuente: Elaboración propia, 2024

En este corte se puede apreciar la cercanía del espacio público intermedio con el sector industrial, aunque no directamente con la infraestructura más contaminante. La separación está dada por la carretera que tiene bastante menos metros que el espacio público. Además se puede ver cómo no existe ningún mayor obstáculo espacial en el espacio público desde el sector industrial ni de la carretera que también supone un contaminante sonoro para el sector residencial, que como se grafica con la vivienda dentro del espacio público intermedio, se encontraba incluso más cercano previo a la relocalización.

Corte urbano B-B'

Figura N°28. Corte urbano B-B'.



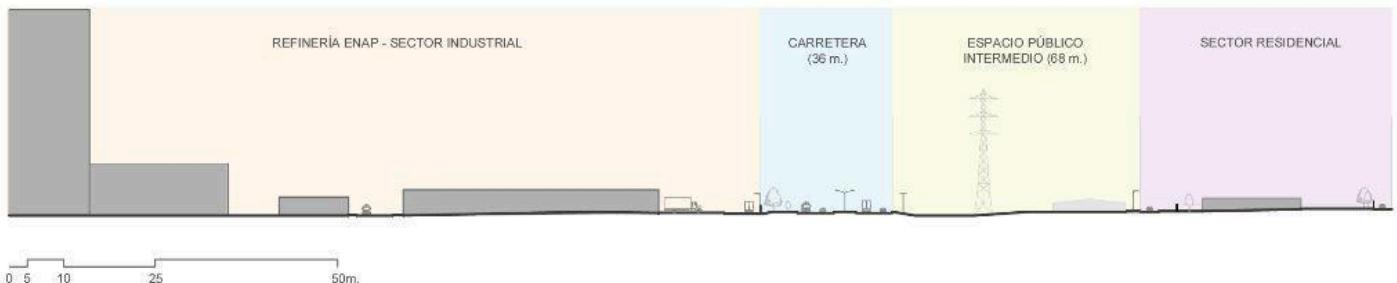
Fuente: Elaboración propia, 2024

Este corte muestra la relación espacial de la cancha del Club Deportivo Los Halcones N°9 en relación a la plaza que se encuentra en el sector residencial y la carretera y el sector residencial. Se puede apreciar la proximidad del uso deportivo en relación a la carretera y la industria, además de graficar la diferencia de escala en relación a las torres de alta tensión, que supone un elemento visual jerárquico en el espacio público intermedio.



Corte urbano C-C'

Figura N°29. Corte urbano C-C'.

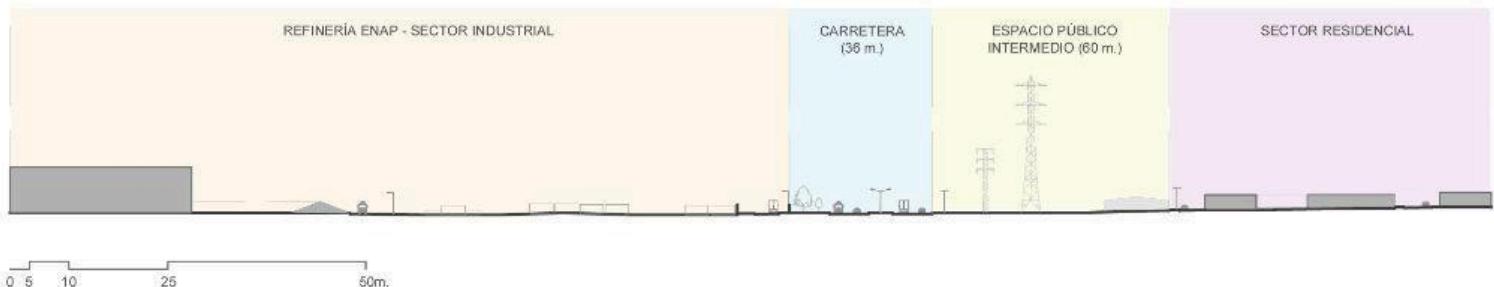


Fuente: Elaboración propia, 2024

En este corte, también se puede ver la relación de escala entre la torre de alta tensión y la infraestructura industrial en relación al sector residencial, en específico el jardín infantil presente en el lugar.

Corte urbano D-D'

Figura N°30. Corte urbano D-D'.



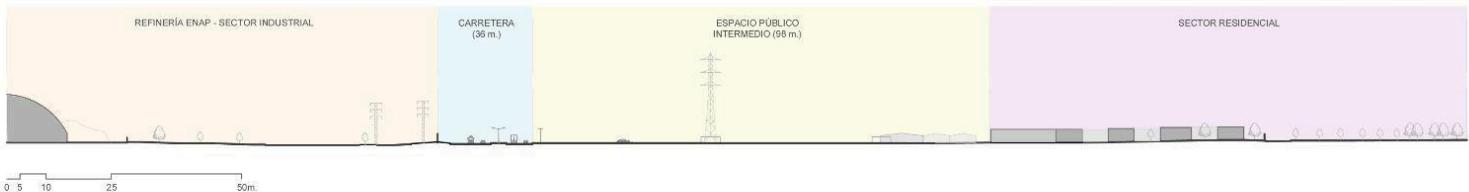
Fuente: Elaboración propia, 2024

En este corte, el espacio público intermedio tiene incluso menos espacio que en los anteriores cortes, estando el sector residencial más próximo a la carretera y el sector industrial. Además, las torres de alta tensión tienen una diferencia de escala aún mayor por ser menor el espacio en el que se encuentran.



Corte urbano E-E'

Figura N°31. Corte urbano E-E'.

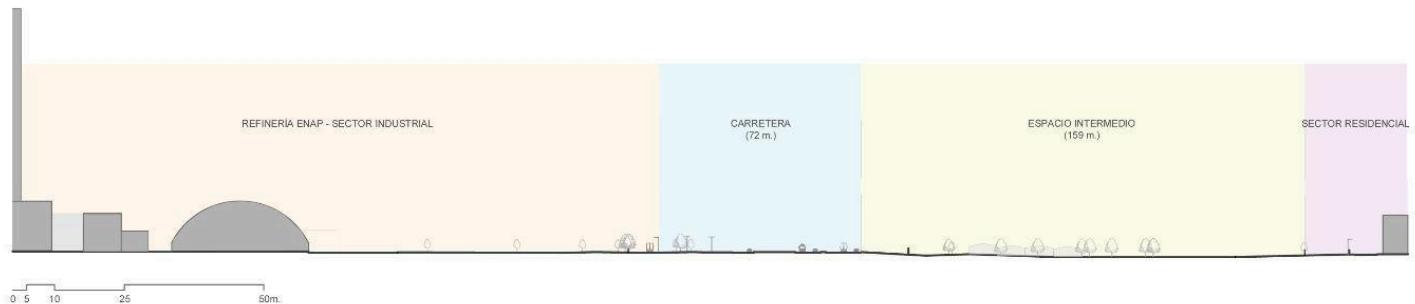


Fuente: Elaboración propia, 2024

En este corte se muestra la relación espacial entre las canchas del Club Deportivo El Triángulo N°8 y Luis Vera N°7, y el Colegio República del Perú. Si bien se ve una distancia considerable entre el sector residencial y el sector industrial en comparación a los otros cortes, existen numerosos episodios de contaminación atmosférica que han afectado la salud de los estudiantes de este establecimiento (Meza, 2022)

Corte urbano F-F'

Figura N°32. Corte urbano F-F'.



Fuente: Elaboración propia, 2024

En este corte se aprecia la relación espacial entre el sector residencial y el espacio intermedio que en este lugar corresponde a un predio privado dedicados al pastoreo y que se inundan en periodos de lluvia, lo cual se puede relacionar a la diferencia de nivel en el sector y la cercanía a canales.

○ 10.1.2 Análisis Ambiental

Para este análisis se utilizaron herramientas de teledetección para analizar las imágenes satelitales provenientes del Sentinel-2 con el fin de estudiar las variables correspondientes a la cobertura vegetal, la humedad y cuerpos de agua, y la temperatura de la superficie terrestre del lugar de estudio. Para la variable correspondiente a la cobertura vegetal, se utilizó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, mientras que para los cuerpos de agua y humedad, se utilizaron los Índices de Agua de Diferencia Normalizada y de Humedad de Diferencia Normalizada, respectivamente. Además se incluyeron los datos

correspondientes a los vientos históricos de la comuna, ya que si bien no son determinantes para las infraestructuras en este caso de estudio, sí permiten complementar la información presentada luego en la propuesta proyectual.

■ 10.1.2.1 Variables ambientales

- 10.1.2.1.1 Cobertura Vegetal - Índice NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada)

Figura N°33. Cartografía de cobertura vegetal por medio del Índice NDVI.



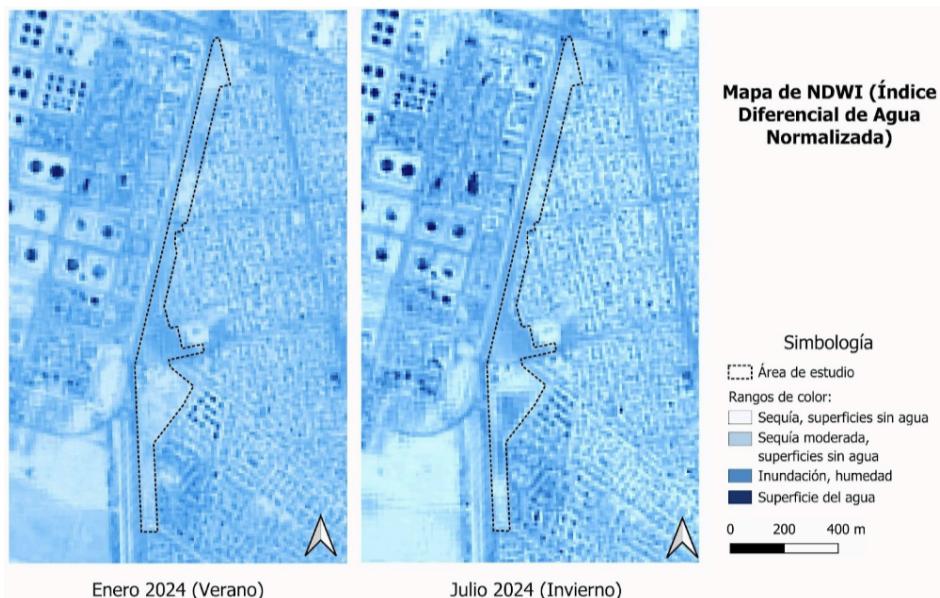
Fuente: Elaboración propia, 2024

En el tramo A, específicamente en el subtramo A3, se percibe una cobertura de vegetación en invierno y verano, mientras que en el subtramo A1, ésta se hace presente sólo en invierno, siendo el tramo A2 el que menor presencia vegetal tiene, lo que se asocia a su uso de cancha deportiva. Si bien el subtramo B1 tiene algunos manchones de vegetación en invierno, éste con B2 son los que en general menos cobertura vegetal poseen, probablemente asociado a su uso deportivo y, en el caso del B1 correspondiente a ser la zona con mayor tránsito vehicular, lo que repercute en el desarrollo de vegetación. En cambio, el tramo C es el que tiene mayor presencia de vegetación, dado que corresponde a un sitio privado con características rurales, que no tiene un nivel de urbanización como los demás tramos.



• 10.1.2.1.2 Humedad - Índice NDWI (Índices de Agua de Diferencia Normalizada)

Figura N°34. Cartografía de humedad por medio del Índice NDWI.

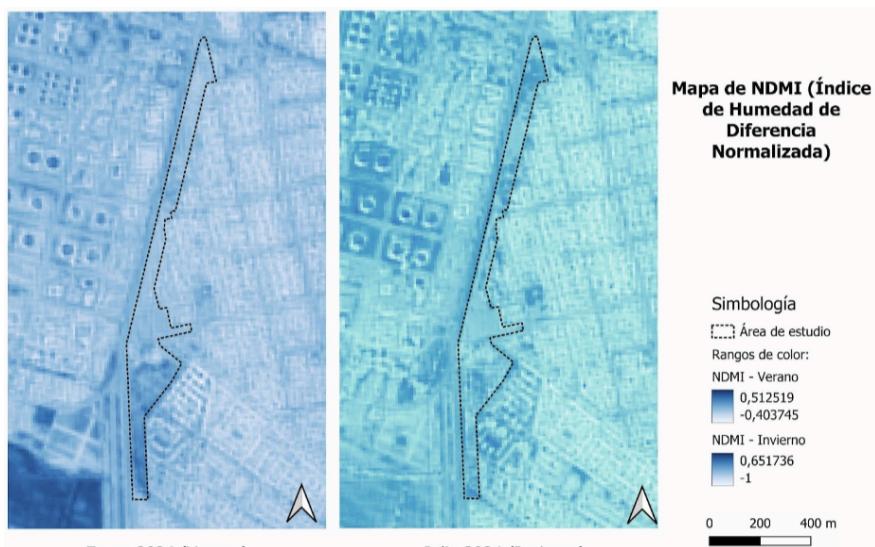


Fuente: Elaboración propia, 2024

Este índice no da mayores indicios de cambio en gran parte de los tramos, pero sí muestra el cambio que se produce en invierno en el tramo C, en el cual se evidencian las zonas donde se producen inundaciones en los períodos de mayor precipitación lo cual se asocia a las características del terreno y su uso rural.

• 10.1.2.1.3 Humedad - Índice NDMI (Índice Humedad de Diferencia Normalizada)

Figura N°35. Cartografía de humedad por medio del Índice NDMI.



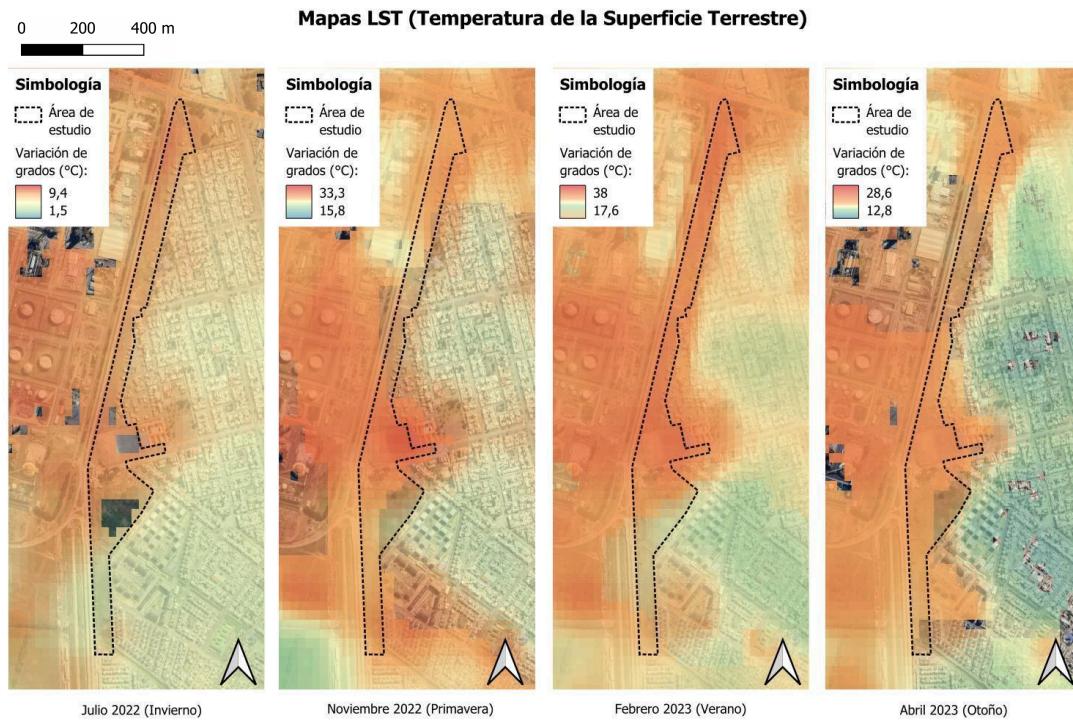
Fuente: Elaboración propia, 2024



El índice de humedad muestra más diferencia entre estaciones, evidenciando el mayor porcentaje de humedad en el tramo C durante el verano, a diferencia del resto del espacio público que se percibe más bien seco. En invierno, se evidencian manchones a lo largo del área de estudio, los cuales coinciden mayormente con las zonas con presencia de vegetación principalmente en el subtramo A1 y A3, además de algunos parches pequeños en el subtramo B1.

• 10.1.2.1.4 Temperatura de la superficie terrestre

Figura N°36. Cartografía de temperatura de la superficie terrestre.

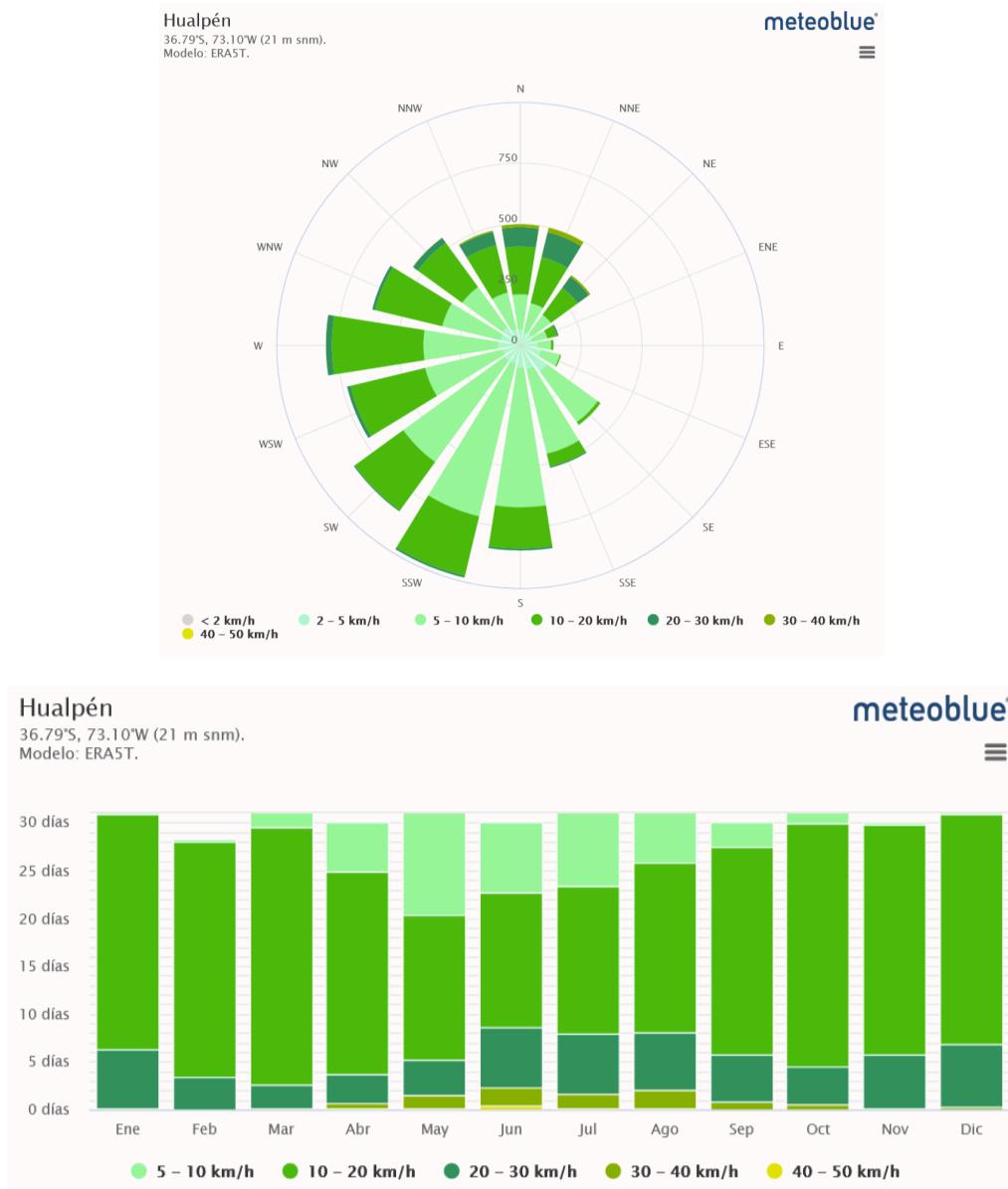


Fuente: Elaboración propia, 2024

Como muestra la comparación entre las distintas estaciones, gran parte del espacio público intermedio se encuentra dentro de las zonas en las que se percibe mayor temperatura, lo que contrasta con el sector residencial, en el que se perciben menores temperaturas. A pesar de esto, las zonas que tienen mayor vegetación y humedad, las cuales corresponden principalmente al tramo C y con una menor diferencia, el subtramo A3, muestran menores niveles de temperatura. De esta manera, los subtramos de mayor temperatura percibida corresponden al A1, A2 y el tramo B.

- **10.1.2.1.5 Dirección y velocidad de los vientos históricos de la comuna**

Figura 37 y 38: Rosa de los vientos y velocidad de los vientos históricos de la comuna de Hualpén.



Fuente: Meteoblue, recuperado el día 21 de noviembre de 2024

Como muestran los diagramas climáticos de los vientos históricos de la comuna, la dirección de vientos que predomina, corresponde a la dirección oeste a sur, destacándose la dirección sur-oeste, lo que significa que los vientos predominantemente vienen de estas direcciones. Esto coincide en parte con la ubicación del sector industrial hacia el sector residencial. Además se puede comprobar, cómo los vientos de mayor velocidad se



encuentran durante la temporada de invierno, lo que coincide con los vientos norte y noreste.

- **10.2 Estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y Sbn asociadas**

A continuación, se realizó una recopilación con las principales estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y Sbn asociadas. Éstas se presentan por medio de un cuadro recopilatorio que muestra los principales objetivos, los requerimientos para lograr un buen funcionamiento, junto con las características y morfología de la vegetación, además de las especies vegetativas específicas que sirven para desarrollar las estrategias. La mayoría de las estrategias recopiladas, excepto en las cuales se indica otra fuente, provienen de las guías que conforman el proyecto *Stgo+ Plan de Infraestructura Verde de Santiago*, las cuales corresponden a la “Guía 02: Gestión del Agua y la vegetación urbana como infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza” y “Guía 03: Integración de Infraestructura Verde y soluciones basadas en la naturaleza al diseño de ecobarrios” (Labra & Fehr, 2024).

- **10.2.1 Cuadro recopilatorio de estrategias de diseño urbano basadas en la naturaleza**

Estrategias de diseño de infraestructura verde y Sbn	Objetivo (Moreno, et al., 2014)(Fadigas, 2017)	Requerimientos	Características y morfología de la vegetación	Especies vegetativas
-Arbolado como “barrera verde”: Infraestructura basada en la disposición de árboles en conjunto con arbustos para que funcionen como una barrera verde frente a contaminantes atmosféricos y acústicos.	-Purificación del aire por medio de la retención de material particulado contaminado -Generación de corredores ecológicos -Reducción contaminación acústica -Normalización microclimática	-Requiere de un sistema de recarga e infiltración de agua subterránea para su autosuficiencia -Cercanía a la fuente del ruido para un mejor funcionamiento -Se puede combinar con otras estrategias como los “tree trenches”	-En barrios abiertos, la vegetación dispuesta en forma espesa, densa y alta aledaña al camino donde transitan los vehículos tiene un efecto positivo sobre la calidad del aire hacia la vereda peatonal paralela a la calle. -Especies de hojas gruesas con presencia de pelos o cera en la superficie de las hojas y resistentes a la contaminación del aire tienen mejores resultados -Disposición lineal	Retenedoras y tolerantes al material particulado (introducidos): -Ulmus procera -Jungla nigra -Eucalyptus globulus -Tilia europea -Abies alba -Larix decidua (Alcalá, et al., 2008) Resistentes al azufre (introducidos): -Populus deltoides -Platanus occidentalis -Platanus x acerifolia -Metasequoia glyptostroboides -Liriodendron tulipifera (Nowak, 2000) -Acacia caven, -Geoffroea decorticans -Prosopis nigra (Dalmasso et al., 1997)



				<p>Árboles resistentes a la contaminación en general:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Brachichito (introducida) -Peumo (nativa) -Quillay (nativa) <p>(Labra & Fehr, 2024)</p> <p>Arbustos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Filica (introducida) -Gaura (introducida) -Lavanda francesa (introducida) -Coirón (nativa) <p>(Municipalidad de Lo Barnechea, 2022)</p>
<p>-Bosque urbano: Similar a la barrera verde, pero de mayor tamaño y con una disposición que cubre mayor área.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Purificación del aire por medio de la retención de material contaminado -Generación de corredores ecológicos -Reducción contaminación acústica -Normalización microclimática 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere de un sistema de recarga e infiltración de agua subterránea para su autosuficiencia -Cercanía a la fuente del ruido 	<ul style="list-style-type: none"> -En barrios abiertos la vegetación dispuesta en forma espesa, densa y alta aledaña al camino donde transitan los vehículos tiene un efecto positivo sobre la calidad del aire hacia la vereda peatonal paralela a la calle. -Especies de hojas gruesas con presencia de pelos o cera en la superficie de las hojas y resistentes a la contaminación del aire tienen mejores resultados -Se pueden ocupar técnicas como la Miyawaki (bosque de bolsillo), para priorizar la rapidez de crecimiento y densidad. 	<p>Retenedoras y tolerantes al material particulado (introducidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ulmus procera -Junglas nigra -Eucalyptus globulus -Tilia europea -Abies alba -Larix decidua <p>(Alcalá, et al., 2008)</p> <p>Resistentes al azufre (introducidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Populus deltoides -Platanus occidentalis -Platanus x acerifolia -Metasequoia glyptostroboides -Liriodendron tulipifera <p>(Nowak, 2000)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acacia caven, -Geoffroea decorticans -Prosopis nigra <p>(Dalmasso et al., 1997)</p> <p>Árboles resistentes a la contaminación en general:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Brachichito (introducida) -Peumo (nativa) -Quillay (nativa) <p>(Labra & Fehr, 2024)</p> <p>Arbustos:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Filica (introducida) -Gaura (introducida)



				-Lavanda francesa (introducida) -Coirón (nativa) (Municipalidad de Lo Barnechea, 2022)
- Jardines de lluvia (SUDS): Leve depresión de la superficie que permite redirigir las aguas lluvia proveniente de superficies impermeables hacia áreas ajardinadas, donde el agua pueda infiltrarse gradualmente hacia el suelo, evitando una sobrecarga en los desagües pluviales.	-Generación de corredores ecológicos -Gestión sostenible del agua lluvia -Normalización microclimática -Recarga de agua subterránea	-Zona con alto potencial de infiltración -Requiere análisis del diseño del terreno, además de la instalación de zanjas de infiltración, áreas de retención y determinar la ubicación donde se plantarán las especies -No puede situarse cerca de focos contaminantes y pozos de agua potable -Tamaño inferior a 2 hectáreas -Ubicar en sectores que reciban sol para que se seque entre lluvias.	- Para zona en la que se concentra el agua: Vegetación que soporte inundaciones, pero también sequía. -Zona complementaria para proceso de limpieza, absorción y filtración de aguas: Especies de suelos más secos, idealmente nativas	Para zona en la que se concentra el agua: -Lirio chileno (nativa) -Poleo (introducida) -Quillay (nativa) Zona complementaria para proceso de limpieza, absorción y filtración de aguas: -Hierba Plumna (nativa) -Dimorfoteca (nativa) -Pasto Puna (nativa) -Lavanda (introducida) -Pata de vaca (introducida) (Labra & Fehr, 2024)
- Humedales artificiales (SUDS): Emulan el funcionamiento y ecosistema de un humedal natural, para depurar aguas y que puedan ser reutilizadas, al imitar procesos biológicos, químicos y físicos propios de los humedales naturales (Uriarte, 2020)	-Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática -Depuración de aguas contaminadas/residuales	-Zona con alto potencial de infiltración -Necesita al menos de un año de desarrollo para que la vegetación del humedal elimine los contaminantes del efluente -Requiere mantenimiento constante para la limpieza, el mantenimiento del sustrato y el estado de la vegetación.	-Principalmente plantas macrófitas, que corresponden a plantas que funcionan con parte de su estructura bajo el agua, o que si bien son terrestres, se adaptan a condiciones semi-acuáticas (Hauenstein, 2006)	-Berro blanco (introducida) -Veronica anagallis-aquatica (introducida) -Luchecillo (nativa) -Lenteja de agua (nativa) -Carrizo (introducida) -Huiro (nativa) -Totora (nativa) -Llinto (nativa) -Juncos (nativa) (Rodríguez & Fica, 2020)
- Bioswales: Similar a los jardines de	-Generación de corredores ecológicos	-Capas de grava y tierra con tuberías	Zona en la que se concentra el agua: Vegetación que	Zona en la que se concentra el agua: -Lirio chileno (nativa)



<p>lluvia, se suelen ubicar de manera lineal próximos a superficies impermeables más grandes que los jardines de lluvia, tales como estacionamiento s y caminos, capturando una mayor escorrentía proveniente de aguas lluvia y filtrando el agua contaminada. Requiere estar conectado a drenajes urbanos o fuentes de agua.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Gestión sostenible de aguas pluviales -Recarga agua subterránea -Normalización microclimática 	<p>perforadas como desagüe subterráneo y estructuras de desbordamiento frente a precipitaciones más grandes.</p>	<p>soporte inundaciones, pero también sequía.</p> <p>Zona complementaria para proceso de limpieza, absorción y filtración de aguas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Especies de suelos más secos, idealmente nativas 	<p>-Poleo (introducida) -Quillay (nativa)</p> <p>Zona complementaria para proceso de limpieza, absorción y filtración de aguas:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Hierba Plumna (nativa) -Dimorfoteca (nativa) -Pasto Puna (nativa) -Lavanda (introducida) -Pata de vaca (introducida) <p>(Labra & Fehr, 2024)</p>
<p>-Tree trenches: Sistema de árboles en platabandas conectadas bajo tierra mediante obras de drenaje sostenible, almacenándose la humedad entre las piedras quedando a disposición del árbol</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática -Gestión de aguas pluviales -Gestión sostenible del riego de árboles 	<p>Suelen implementarse próximos a vías vehiculares o ciclovías.</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cada árbol debe estar alineado y relativamente cerca para el funcionamiento del drenaje. -Requiere de un sistema permeable de tela geotextil, rellena con piedra o grava bajo tierra y las plantaciones 	<p>-Se utilizan árboles medianos a pequeños que se encuentran alineados entre sí</p>	<p>Retenedoras y tolerantes al material particulado (introducidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ulmus procera -Junglas nigra -Eucalyptus globulus -Tilia europea -Abies alba -Larix decidua <p>(Alcalá, et al., 2008)</p> <p>Resistentes al azufre (introducidos):</p> <ul style="list-style-type: none"> -Populus deltoides -Platanus occidentalis -Platanus x acerifolia -Metasequoia glyptostroboides -Liriodendron tulipifera <p>(Nowak, 2000)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acacia caven, -Geoffroea decorticans -Prosopis nigra <p>(Dalmasso et al., 1997)</p> <p>Árboles resistentes a la contaminación en general:</p>



				-Brachichito (introducida) -Peumo (nativa) -Quillay (nativa) (Labra & Fehr, 2024)
-Parque inundable: infraestructura verde-azul destinada al manejo del exceso de aguas pluviales, que pueda causar inundaciones o anegamientos, mientras combina funciones de conservación ambiental y recreación para la comunidad. (Reyes, 2024)	-Generación de corredores ecológicos y Recarga agua subterránea -Normalización microclimática -Gestión sostenible de aguas pluviales, reduciendo la carga de drenaje urbano.	-Suelo permeable y las condiciones de diseño necesarias para su correcto funcionamiento durante periodos de lluvias intensas que den paso a inundaciones y/o anegamientos	-Al ser una infraestructura de mayor tamaño que comprende otras estrategias de Sbn en su interior, dependerá de cada caso puntual.	-Al ser una infraestructura de mayor tamaño que comprende otras estrategias de Sbn en su interior, dependerá de cada caso puntual. -Se prioriza el uso de especies nativas.
-Cobertura suelo verde permeable - pavimentos porosos - ecopavimentos : A diferencia de los pavimentos tradicionales, permite el paso vertical del agua para la recarga subterránea, reduciendo y redistribuyendo el volumen de aguas lluvias, evitando la sobrecarga del drenaje urbano.	-Gestión aguas pluviales y Recarga agua subterránea -Normalización microclimática -Filtración de partículas contaminantes hacia ríos o cuerpos de agua	-Zona con alto potencial de infiltración -No se recomienda su uso en aceras con mucho tráfico	Se puede aplicar una capa vegetal o permitir el crecimiento natural de ésta	Su uso no está asociado directamente a especies vegetales, ya que puede tener un acabado de grava, capa vegetal de pasto o dejar que crezca una capa vegetal natural del lugar.
-Huertos comunitarios / colectivos	-Generación de corredores ecológicos -Provisión de alimentos	-Requiere un trabajo comunitario asociado al mantenimiento y gestión de huertos que funcionen a nivel vecinal para impulsar la	-Se utilizan especies aptas para el consumo que se adapten a las condiciones materiales en donde se encuentren los huertos, ya sea invernadero o en mobiliario al aire	Está sujeto a decisión de la comunidad y la estación, ya que el invernadero permite cultivar gran variedad de especies comestibles



		autosuficiencia comunitaria y de paso fortalecer los corredores biológicos	libre	
-Bosques de “bolsillo” (Técnica Miyawaki): Método de reforestación y restauración ecológica que consiste en la utilización de especies nativas ubicadas muy cerca entre sí para incentivar el crecimiento apical de los individuos vegetales en búsqueda de luz solar	<ul style="list-style-type: none"> -Purificación del aire por medio de la retención de material particulado contaminado -Generación de corredores ecológicos -Reducción contaminación acústica -Normalización microclimática -Acelerar el crecimiento de la masa verde en suelos de mala calidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Funciona de mejor manera en áreas urbanas pequeñas a medianas, que en restauraciones ecológicas de mayor tamaño -Requiere de un espacio mínimo de 3 a 4 metros y debiera recibir luz solar por al menos unas 8 horas diarias (Irribarra, 2024) -Se debe realizar una plantación densa y enriquecer el suelo con materiales orgánicos 	<ul style="list-style-type: none"> -Se utilizan especies nativas que tengan compatibilidad ecosistémica, creciendo de manera densa dentro de un área reducida, volviéndose 30 veces más densa y creciendo 10 veces más rápido (Labra & Fehr, 2024) 	<p>Al utilizarse especies nativas compatibles, existe una gran abanico de posibilidades tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Peumo (nativa) -Quillay (nativa) -Coirón (nativa) -Espino (nativa) <p>(Municipalidad de Lo Barnechea, 2022)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Maqui (nativa) <p>(Baeza et al., 2023)</p>
-Jardines privados de casas	<ul style="list-style-type: none"> -Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiere incentivar la creación y mantenimiento de jardines en casas y predios privados para fortalecer los corredores biológicos 	<ul style="list-style-type: none"> -Al depender de cada dueño privado, está sujeto a la preferencia de cada persona interesada 	<ul style="list-style-type: none"> -Al depender de cada dueño privado, está sujeto a la preferencia de cada persona interesada
-Muros verdes - Jardines verticales: Sistema que permite el desarrollo de plantas en una superficie vertical, en la que se aprovecha el agua para el riego de plantas, disminuyendo la escorrentía de aguas lluvia.	<ul style="list-style-type: none"> -Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática -Gestión sostenible de aguas pluviales 	<ul style="list-style-type: none"> -Se pueden generar en condiciones de sombra y de sol, para lo que se utilizan distintos tipos de especies vegetativas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Se utilizan plantas perennes de tipo cubresuelos, suculentas, pastos, musgos, entre otras (Planta Oxígeno, 2024) 	<p>En condiciones de sombra:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Malamadre (introducida) -Helechos nativos -Orquídea chilena (nativa) <p>En condiciones de sol:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Succulentas nativas -Lirio de campo (nativa) -Fuchsia magellanica (nativa) <p>(Planta Oxígeno, 2024)</p>
-Jardín	-Conservación y	-Suelen requerir	-Al ser una tipología	-Al ser una tipología



botánico: Espacios centrados en la conservación, restauración, exposición y estudio de colecciones documentadas de especies vegetativas. (Falcón-Hidalgo & Pérez, 2021)	restauración ecológica -Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática -Enfoque centrado en la educación ambiental	de grandes superficies de terreno para generar espacios de conservación temáticos o con el suficiente espacio para lograr la conservación y restauración	de mayor tamaño que comprende otras estrategias de infraestructura verde en su interior, dependerá de cada caso puntual.	de mayor tamaño que comprende otras estrategias de infraestructura verde en su interior, dependerá de cada caso puntual. -Se prioriza el uso de especies nativas, a excepción que la colección requiera especies específicas.
-Techos verdes: Sistema de vegetación en cubiertas de construcciones habilitadas para este fin, que permite recolectar agua lluvia y disminuir la escorrentía de aguas pluviales, además de funcionar como aislante térmico.	-Generación de corredores ecológicos -Normalización microclimática -Provisión de alimentos	-Requiere la habilitación de la cubierta o techo para el correcto funcionamiento de este sistema, lo que incluye la capa de sustrato, drenaje, protección anti-raíces y la impermeabilización (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2021)	-Las características de la vegetación, dependen de la magnitud del proyecto, ya que se pueden instalar árboles, arbustos y especies herbáceas	-Las especies a utilizar dependerán de la magnitud del proyecto, ya que se pueden instalar árboles, arbustos y especies herbáceas, priorizando las especies nativas.

Tabla 1: Cuadro recopilatorio de estrategias de diseño urbano basadas en la naturaleza. Fuente: Elaboración propia, 2024

Cabe mencionar que todas las estrategias de infraestructura verde y de soluciones basadas en la naturaleza tienen como objetivo asociado la creación de entornos urbanos agradables, que faciliten usos recreativos y de uso seguro, además de dar paso a la restauración ecológica (Fadigas, 2017), razón por la cual estas funciones no se mencionan en la sección de objetivos.



- **10.2.2 Tabla de factibilidad de estrategias de infraestructura verde y Sbn según tramos:**

En la siguiente tabla se resumen las principales estrategias a aplicar en los distintos subtramos del área de estudio, con el fin de determinar la factibilidad de su aplicación en cada sector. De esta manera se puede ir orientando lo que será el cruce del análisis espacial y ambiental para poder diseñar una propuesta proyectual de las estrategias de infraestructura verde y las Sbn complementarias en el área de estudio. Se excluyeron algunas de las estrategias, que son adaptables y dependen netamente del uso particular y/o específico de lo que opine la comunidad.

Subtramo	-Arbolad o como “barrera verde”	Bosqu e urbano	Jardínes de lluvia	Humedale s artificiales	Bioswales	Tree trenches	Parque inundabl e	Cobertura suelo permeable	Bosques de “bolsillo” (Técnica Miyawaki)	Jardín botánic o
A1	X	X	X		X	X			X	
A2	X		X		X	X		X		
A3	X	X	X		X	X			X	
B1	X	(*)	X		X	X				
B2	X	X	X		X	X		X	X	
C1	X	X	X	X		X	X		X	X
C2	X	X	X	X		X	X		X	X

Tabla 2: Tabla de factibilidad de estrategias de infraestructura verde y Sbn según tramos. Fuente: Elaboración propia, 2024

(*) Se puede desarrollar en una segunda etapa en la que se aseguren las condiciones para su correcta implementación y funcionamiento.



- **10.3 Cruce de análisis espacial y ambiental con las estrategias de infraestructura verde y Sbn asociadas**
 - **10.3.1 Cuadro de cruce del análisis espacial y ambiental con las estrategias de infraestructura verde y Sbn asociadas**

En la siguiente tabla se compilan todas las estrategias de infraestructura urbana con respecto a las variables espaciales y ambientales estudiadas en los puntos anteriores, con el fin de determinar las características específicas que debieran implementarse en cada estrategia para que se adecúen a los tramos y subtramos del área de estudio. Posteriormente esta información se graficará en una cartografía que muestre las estrategias ya implementadas a modo de resultados preliminares del cruce de información.

Estrategia I.V.	ESPACIAL				AMBIENTAL		
	Usos	Escala	Dimensiones	Relaciones Espaciales	Cobertura vegetal	Humedad	Temperatura superficie terrestre (Islas de calor)
Arbolado como "barrera verde"	Se puede relacionar a todos los usos, al ubicarse al borde de vías vehiculares como barrera verde frente a la fuente de ruido (Av. Costanera). También puede ser utilizado en una primera etapa en el subtramo B1, en la zona de radicación de viviendas.	Requiere árboles altos, optando por una altura de 10 metros o más en estado adulto, siempre que no intervengan con el trazado de alta tensión y postes de luz	Debe ser denso, lo que implica el uso de matorrales, arbustos y árboles si se ocupan próximos a las vías vehiculares. Para este caso particular se opta por un diámetro máximo de 5 metros para no interferir con el área de seguridad de alta tensión.	Permite diferenciar y generar obstáculos espaciales con los usos internos del espacio intermedio y el sector residencial	Funcionaría mejor en los subtramos A1, A3 y el tramo C, aunque al funcionar como barrera verde, se podría habilitar a lo largo de todo el borde	Similar a la variable de cobertura vegetal, pero se puede complementar con otros SUDS (sistemas urbanos de drenaje sostenible)	Permitiría contribuir en la disminución de temperatura a lo largo de todo el área de estudio, principalmente en los tramos más críticos (A y B). Al funcionar como barrera verde, permite enfriar los vientos en períodos calurosos
Bosque urbano	Al tratarse de masas de vegetación, se pueden relacionar con el uso cercano a las canchas del subtramo B2 y en ciertos sectores de	Al igual que las barreras verdes, funcionan mejor como árboles altos (10 metros o más), que distraigan la atención de los	Debe tener cierta densidad que dependerá de la especie a utilizar, pero también debe permitir la circulación y uso	Permite generar una transición entre el sector industrial y la Avenida Costanera frente al sector residencial, disminuyendo los	Para un correcto funcionamiento en una primera etapa, se recomienda ubicar esta estrategia en las zonas que ya tienen	Al igual que en la cobertura vegetal, se recomiendan los sectores con mayor humedad (A1, A3 y tramo C). Para una segunda etapa se	Al igual que las barreras verdes, los bosques urbanos permitirían disminuir la temperatura de las zonas de mayor temperatura,



	los subtramos A1 y A3, cercanos a los sectores residenciales. Pueden implementarse en una segunda etapa en el subtramo B1.	principales elementos visuales (línea alta tensión y paisaje industrial), pero a la vez no debieran obstaculizar trazado de electricidad	interior para la recreación.	contaminantes sonoros, visuales y en parte lo atmosférico.	mayor cobertura vegetal (A1, A3 y C). En una segunda etapa, se recomienda en el subtramo B1	recomendaría para el subtramo B1, mientras que la cercanía al tramo C, permitiría que se implementara en el subtramo B2.	específicamente los subtramos A1, A3, B2 y en una segunda etapa en el subtramo B1.
Jardines de lluvia	Este tipo de infraestructuras son compatibles con las barreras verdes y bosques urbanos por lo que se pueden ubicar cercanas para complementarlas. Se pueden ubicar bajo la linea de seguridad de alta tensión, ya que corresponde a un trabajo a nivel de suelo y contribuye a evitar la permanencia bajo ésta	No requiere una gran diferencia en el nivel del terreno para su correcto funcionamiento, por lo que no alteraría la escala en los tramos	Se recomienda que no tenga un tamaño superior a 2 hectáreas, pero en el área de estudio su tamaño sería bastante menor, con un máximo de 5 metros de ancho	Permite separar los distintas capas de infraestructura verde, además de darle un uso al suelo bajo las líneas de protección de alta tensión.	Al generar una infraestructura que genera vegetación en torno a la retención de lluvia, contribuye a generar cobertura vegetal en los sectores más secos como lo es el tramo B, además de complementar la infraestructura de los demás tramos.	Al generar una infraestructura que se basa en la retención de aguas pluviales, se puede ubicar en los sectores de mayor humedad como el subtramo A1, A3 y el tramo C, y de esta manera conectarse con los sectores de mayor sequía para impulsar el crecimiento de vegetación.	Contribuyen directamente a disminuir la temperatura de la superficie, por lo que es de gran utilidad principalmente en los tramos A y B
Humedales artificiales	Al requerir mayor carga hídrica para un correcto funcionamiento, se puede asociar a un nuevo uso en el tramo C	Al ubicarse en el tramo C, su escala sería de mayor tamaño en relación al resto del área de estudio, con una ancho utilizable de más de 150 metros en la parte más ancha	Al igual que en la escala, las proporciones dependen de la superficie disponible en el tramo C	Al ubicarse en el tramo C, no cambiaría la relación espacial existente, ya que este lugar se ve menos perjudicado por la contaminación industrial.	Un humedal artificial se adaptaría y diversificaría la vegetación presente en el tramo C	Al implementarse en el tramo C, se aprovecharía el potencial de zona de inundación de ese sector, con lo cual las aguas del resto del área de estudio se podrían direccionar hacia este lugar, convirtiéndose en el acuífero principal del área de estudio.	Al convertirse en un cuerpo de agua formal, contribuiría a la regulación de la temperatura, lo que además se beneficiaría con las direcciones predominantes de los vientos, encauzando los vientos a lo largo del área de estudio, en función de las direcciones predominantes (sur-oeste).
Bioswales	Al estar asociado a superficie impermeables de	No tiene mayor incidencia en la escala del área de	Al ubicarse de manera lineal próximo a calles y	Al igual que los jardines de lluvia, permite diferenciar y	Al asociarse a canchas, calles y estacionamientos,	Al asociarse a la escorrentía de aguas pluviales derivadas	Al aumentar la humedad, y por tanto, la cobertura



	mayor extensión se puede aprovechar principalmente en las proximidades de las canchas del área de estudio, equivalentes a los subtramos A2 y B2.	estudio	canchas, no requiere mayor profundidad, considerándose un ancho aproximado de 2 metros	separar espacialmente ciertos usos, aunque a una menor escala.	permite potenciar la cobertura vegetal asociada, pero no depende de ésta para su ubicación.	de canchas, calles y estacionamientos, no depende de las zonas de mayor humedad. Contribuye a aumentar la humedad en general del área de estudio.	vegetal, contribuye a la regulación de la temperatura en los tramos en los que se ubicaría (tramo A y B)
Tree trenches	Al ser complementario a las barreras verdes, su uso potenciaría el arbolado urbano	Al ser complementario a la barrera verde, tendría las mismas características.	Al ser complementario a la barrera verde, tendría las mismas características.	Al ser complementario a la barrera verde, tendría el mismo efecto en las relaciones espaciales	Al igual que el arbolado urbano, funciona mejor en los subtramos A1, A3 y el tramo C, aunque al funcionar como barrera verde, se podría habilitar a lo largo de todo el borde.	Funcionaría en los mismos subtramos que la cobertura vegetal, dotando de mayor humedad a estas zonas, al retener y distribuir la humedad proveniente del arbolado. En una primera etapa podría complementar el uso de barreras verdes en el subtramo B1, que se percibe con menor presencia de humedad.	Complementaría y potenciaría la regulación de temperatura asociada a la barrera verde principalmente en los tramos A y B.
Parque inundable	Al igual que los humedales artificiales, requiere mayor carga hídrica para utilizar su mayor potencial, lo que se podría asociar a un nuevo uso en el tramo C.	Al ubicarse en el tramo C, su escala sería de mayor tamaño en relación al resto del área de estudio, con una ancho utilizable de más de 150 metros en la parte más ancha	Al igual que en la escala, las proporciones dependen de la superficie disponible en el tramo C.	Al ubicarse en el tramo C, no cambiaría la relación espacial existente, ya que este lugar se ve menos perjudicado por la contaminación industrial.	Al aprovechar el potencial del tramo C, se diversificaría y potenciaría la cobertura presente en el lugar	Al implementarse en el tramo C, se aprovecharía el potencial de zona de inundación de ese sector, con lo cual las aguas del resto del área de estudio se podrían direccionar hacia este lugar, complementando la labor del humedal artificial.	Al convertirse en un cuerpo de agua, contribuiría a la regulación de la temperatura, lo que además se beneficiaría con las direcciones predominantes de los vientos.
Cobertura suelo permeable	Se pueden utilizar en las zonas de uso peatonal a lo largo del área de estudio (tramo A y B), pero principalmente se	No incide en la variable de la escala	Depende del uso que se le dé y el área que cubra.	No tiene implicancia en las relaciones espaciales, ya que sólo modifica el suelo. Permite definir usos por	No tiene una relación directa con las zonas de cobertura vegetal, sino más bien con las zonas de mayor	Permite aprovechar la capacidad de infiltración de las aguas lluvia en las zonas que se perciben con más	Al ser una superficie permeable, potencia la infiltración del agua subterránea y por tanto, la regulación de la



	puede utilizar en las zonas de canchas y estacionamientos correspondientes al subtramo A2 y B2.			medio de la configuración del suelo, pero no asociado a las relaciones espaciales.	humedad.	humedad como los subtramos A1, A3 y el tramo C.	temperatura.
Bosques de "bolsillo" (Técnica Miyawaki)	Tiene el mismo uso que los bosques urbanos, pero de mayor densidad, por lo que se puede relacionar con los espacios cercanos a las canchas del subtramo B2, además de ciertos sectores de los subtramos A1, A3 y en una segunda etapa en el subtramo B1. Su uso en el tramo C, al tener reservas de agua cercana y tener una superficie mayor no se recomienda para este caso.	Puede tener características similares a las barreras verdes, con árboles altos que sirvan de transición frente a los principales elementos urbanos (paisaje industrial y torres de alta tensión).	Este método potencia el crecimiento de mayor densidad, por lo que se debe ocupar en sectores puntuales tales como el uso asociado a las canchas del subtramo B2.	Por medio de manchones de árboles, se pueden generar transiciones entre el sector industrial, la Avenida Costanera y el sector residencial. Además de esta manera se contribuye a la disminución de contaminantes sonoros, visuales y atmosféricos.	Para un correcto funcionamiento en una primera etapa, se recomienda ubicar esta estrategia en las zonas que ya tienen mayor cobertura vegetal por su mayor requerimiento hídrico. También se requiere tratar el suelo donde se implementará esta técnica	Al igual que en la cobertura vegetal, se recomiendan los sectores con mayor humedad, exceptuando el tramo C que podría destinarse y enfocarse en SUDS complementarias	Al ser una técnica para bosques urbanos de mayor densidad, permiten disminuir la temperatura de las zonas más críticas, específicamente los subtramos A1, A3 y B2.
Jardín Botánico	Se recomienda su implementación en el tramo C, ya que actualmente por su condición de espacio privado, corresponde al lugar que mayor control tiene, lo que evitaría el deterioro de especies más delicadas que se utilicen	La escala estaría determinada por la altura de las barreras verdes implementadas.	Igual que el punto anterior, esto dependería de cada tramo y subtramo, siendo el tramo C el que mayor superficie disponible posee.	Permite potenciar una transición espacial entre lo que es la industria/carretera y el sector residencial.	Se recomienda aprovechar las coberturas vegetales en el tramo C, que corresponde al lugar de menor intervención urbana.	Se puede aprovechar la humedad del tramo C.	Contribuye a la regulación de temperatura en las zonas críticas (tramos A y B) al potenciar y enfriar vientos locales.

Tabla 3: Cuadro de cruce del análisis espacial y ambiental con las estrategias de infraestructura verde y Sbn asociadas. Fuente: Elaboración propia, 2024

- **10.3.2 Cartografía de propuesta proyectual**

A continuación, se presenta la cartografía correspondiente a la propuesta proyectual con la información recopilada en el cuadro anterior, con el fin de graficar de manera esquemática cómo se implementarían todas estrategias de infraestructura verde y Sbn en el área de estudio:

Figura N°39. Cartografía de propuesta proyectual.



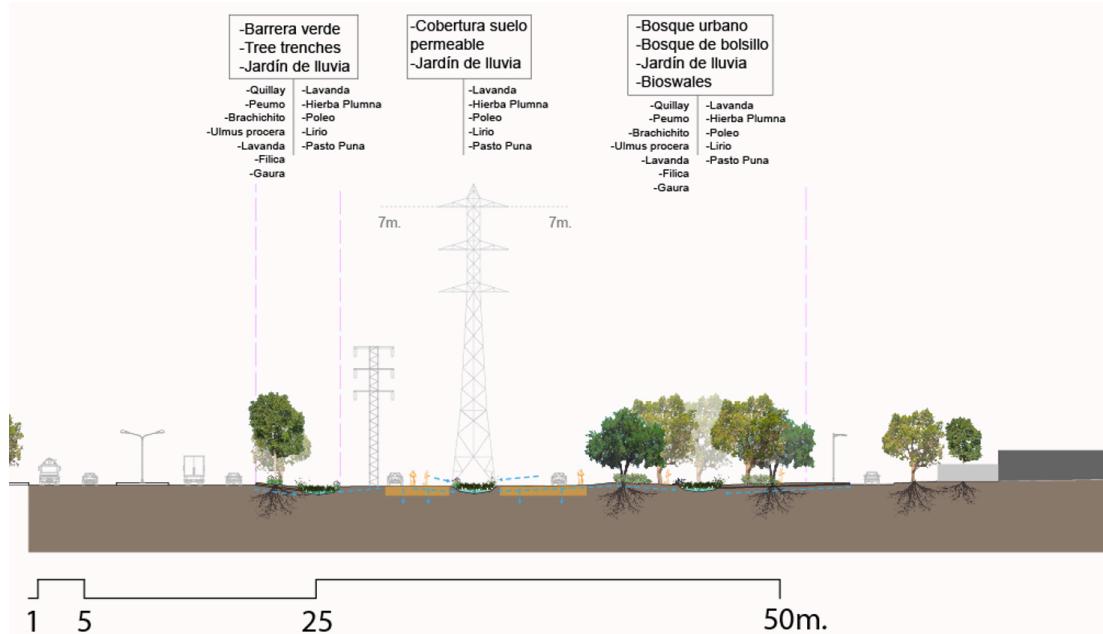
Fuente: Elaboración propia, 2024

- **10.3.3 Cortes esquemáticos de estrategias**

Los cortes representados, muestran la relación e interacción entre las distintas estrategias, de los sectores más representativos indicados en la cartografía con color rosado. Además en éstos se indican las estrategias y las especies vegetativas que se ocuparían en cada una.

Corte A-A'

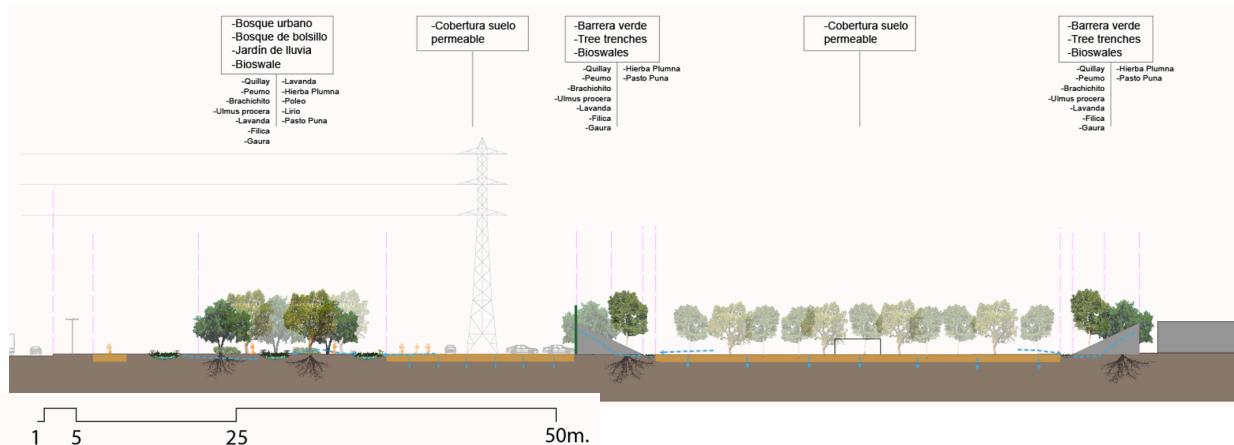
Figura N°40. Corte A-A' Propuesta proyectual.



Fuente: Elaboración propia, 2024

Corte B-B'

Figura N°41. Corte B-B' Propuesta proyectual.

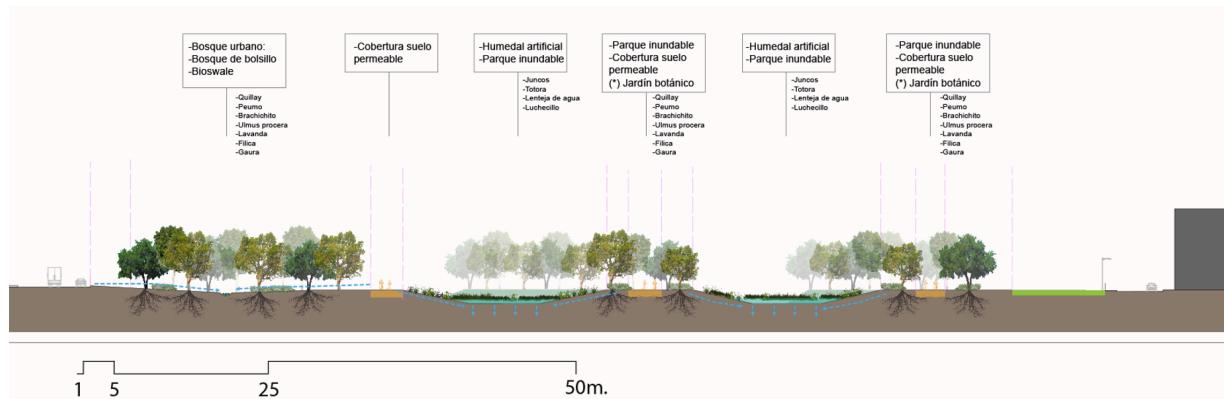


Fuente: Elaboración propia, 2024



Corte C-C'

Figura N°42. Corte C-C' Propuesta proyectual.



Fuente: Elaboración propia, 2024

○ 10.3.4 Barreras verdes y bosques urbanos en conjunto con infraestructura azul

Las principales estrategias que se utilizan corresponden a la implementación de arbolado urbano como barrera verde y bosques urbanos que sirvan como “capas protectoras” frente a la contaminación acústica, visual y atmosférica, al hacer uso de especies vegetativas con resistencia a la contaminación (Labra & Fehr, 2024) y a la capacidad para retener material particulado contaminante (Alcalá, et al., 2008). De esta manera, se ubican barreras verdes cercanas a la Avenida Costanera como lo recomienda la guía n°3 del Plan de Infraestructura Verde Stgo+ (Labra & Fehr, 2024), para tener una mayor efectividad frente a los contaminantes sonoros.

Estas barreras verdes se complementan con la infraestructura azul correspondiente a jardines de lluvia que permiten retener la humedad y contribuir a la escorrentía proveniente de aguas pluviales. Más cercano a la zona residencial, se ubican zonas de bosques urbanos que permiten retener parte del material particulado proveniente de la industria, además de contribuir a la mejora del paisaje degradado y configurar el espacio público intermedio, al ofrecer espacios verdes con senderos recorribles por la comunidad local y la población de la comuna. Para contribuir a la subsistencia de estos bosques urbanos, se implementan circuitos de jardines de lluvia interiores y zonas de retención de agua que permiten nutrir los suelos de los bosques, aprovechando las aguas lluvias, las cuales debieran desembocar en el acuífero principal, planteado en la zona sur de la propuesta.

Debido a las limitaciones que supone el trazado de alta tensión, bajo esta franja de seguridad no se pueden implementar barreras ni bosques urbanos, por lo que se consideraron 7 metros de distancia para la implementación de estas estrategias. Es por esto que su uso se reduce a un tratamiento del suelo al implementar un jardín de lluvia dispuesto a lo largo del trazado que conecta con las demás infraestructuras verdes.



○ 10.3.5 Humedal artificial y parque inundable

En las zonas de mayor humedad y vegetación, las cuales corresponden al tramo C y sus dos subtramos, se propone un sector con humedales artificiales y bosques urbanos en capas que permitan retener mayor material particulado, funcionando como barreras frente a la contaminación atmosférica y sonora. Este sector en puntual, también funciona como un parque inundable en las temporadas de mayores precipitaciones. Además, en el marco de propuesta, se puede plantear este lugar como un pequeño reducto de jardín botánico, en el que habría que gestionar de qué manera funcionaría, si es que en un sistema público o privado, considerando si el acceso debiera ser limitado o abierto. De esta manera, este tipo de infraestructura verde permitiría tener un enfoque centrado en el impacto que tiene la contaminación atmosférica en especies vegetativas específicas, lo que puede servir de insumo de estudio para investigaciones posteriores en relación al comportamiento de la vegetación frente a la contaminación.

○ 10.3.6 Las canchas del área de estudio

Las canchas presentes en el área de estudio, se vieron sujetas a algunos cambios para ajustarlas a la propuesta. Se optó por implementar bioswales adyacentes a la cancha del subtramo A2, pero teniendo en cuenta que lo ideal es que esta cancha se traslade a otro lugar, ya que se ve demasiado expuesta frente a los contaminantes ya nombrados, además de encontrarse bajo el trazado de alta tensión. Se opta por cambiar de ubicación la cancha Luis Vera N°7, ubicada actualmente en el extremo de la Avenida Costanera en el subtramo B2, trasladándola hacia el polígono de radicación próximo al tramo B1. Si bien es un lugar que sigue estando dentro de un área de contaminación, se propone en una segunda etapa, la implementación de bosques urbanos alrededor de esta cancha que generen barreras de protección, complementados con bioswales y jardines de lluvia. La cancha del Club Deportivo El Triángulo N°8, ubicada en el mismo subtramo B2, mantendría su posición, implementando sistemas de drenaje sostenible y barreras verdes que se complementan con el bosque urbano más cercano a la Avenida Costanera.

○ 10.3.7 Información adicional de la propuesta

Debido a que el subtramo B1, es la zona que se percibe con menor vegetación y humedad en base al análisis ambiental, se propone que este zona sea trabajada por etapas con el fin de lograr un bosque urbano en una segunda etapa, empezando en un principio con un arbolado urbano de menores dimensiones, que se vea complementado por bioswales o jardines de lluvia asociados.

Se propone una relocalización del asentamiento informal ubicado al norte del subtramo C1, en conjunto con la relocalización original del sector, debido al alto nivel de exposición frente a los contaminantes industriales al que se encuentran expuestos por su cercanía a la infraestructura industrial.

La disposición lineal de la propuesta proyectual, con la predominancia y concentración de infraestructura verde-azul en la zona sur, permite encauzar los vientos predominantes provenientes del sur-oeste (Meteoblue, s.f.) a lo largo de toda el área de estudio, lo que disminuiría las islas de calor identificadas en el análisis ambiental. Este sistema de estrategias y el uso de especies vegetativas específicas, puede contribuir también en la mejora de la percepción del olor en el área de estudio, que también se detalla como un problema local (ÁreaSur Gestión Urbana, 2007). Esto puede no funcionar a gran escala



pero sí en las zonas puntuales donde se ubiquen las estrategias, lo cual también se complementa con el encauzamiento de los vientos.

Finalmente, se proponen tres puntos designados a estanques de retención de agua pluvial, en caso de emergencias o para activar el riego de la infraestructura verde por medio de la infraestructura azul en épocas de sequía.

11. Discusión

Los resultados obtenidos en base a los objetivos planteados, permiten afirmar que el lugar de estudio tiene dificultades asociadas al habitar con la industria, pero aquello no impide que exista la posibilidad de contribuir a la mejora de este lugar. En primer lugar y cómo lo plantea el objetivo general, es factible generar estrategias de diseño urbano de infraestructura verde y éstas, por los múltiples factores especificados en el marco conceptual (Moreno, et al., 2014), mejoraría la calidad de vida en el área de estudio. La degradación ambiental y el deterioro espacial, se ven potenciados por la situación de abandono, hostilidad e indeterminación actual, lo que lleva a que se generen estos no-lugares (Hormazabal, et. Al, 2019). Idear una propuesta concreta ya es un paso adelante en la mejora del entorno barrial y la calidad de vida de las personas, sobre todo si la solución está centrada en la posibilidad de aminorar los efectos negativos asociados a la contaminación industrial, mejorando la habitabilidad de este espacio.

La situación del lugar plantea condicionantes difíciles de sortear, debido a que en él se encuentra un trazado doble de alta tensión, en el que está prohibido cualquier tipo de edificación, lo cual también incluye a cualquier tipo de infraestructura verde de altura. Este espacio ubicado bajo los cables, puede ser utilizado como de tránsito en incluso habilitar ciclovías en las que se privilegie un uso de tránsito y no permanencia, pero también esto supone una contraindicación de seguridad. Por esta razón, la implementación de infraestructuras como los jardines de lluvia, que supone una infraestructura a nivel de suelo relativamente pasiva, puede contribuir a darle un uso complementario a este espacio y que limitaría la permanencia en este lugar.

De esta manera, un diseño factible y seguro, requiere del uso de las zonas de radicación en las que todavía se encuentran parte de las viviendas que serán relocalizadas, ya que la propuesta plantea bosques urbanos recorribles que sean complementados con infraestructura azul para su subsistencia. La implementación de infraestructura verde y azul, se debe trabajar de manera conjunta y no con propuestas aisladas, ya que de ésta manera se asegura un mejor resultado integral. A su vez, se intenta respetar parte de los usos, a pesar de que por las características del área de estudio, éstos se relacionan al tránsito peatonal y de automóvil, que también está asociado al uso de las canchas. Por esta razón, se opta por mantener el uso deportivo de ciertas zonas, pero sugiriendo siempre que esta infraestructura deportiva esté hermanada a infraestructuras verdes de mayor densidad que permitan un espacio de mejor calidad o que se desarrolle en espacios cerrados.

- 11. 1 Discusión del resultado de los objetivos específicos

Los resultados obtenidos en relación al **objetivo 1**, permitieron lograr un entendimiento a nivel espacial del área de estudio, ya que a través de las cartografías y cortes se logró



comprender por qué ciertos elementos urbanos como los cables de alta tensión y las casas en abandono, dan lugar a la generación de no-lugares (Gallardo Frías, 2015). Esto se debe a que esta infraestructura impide un mayor diseño urbano, mientras que los sitios eriazos generan espacios muertos que aumentan la impersonalidad de este borde, lo que resulta en la subutilización de espacios. Esto se relaciona a su vez con la influencia negativa de la industria, tanto en cuanto a la infraestructura energética y por los procesos de relocalización producto de la contaminación industrial

El análisis ambiental permitió identificar las condiciones de preexistencia ambiental y cómo éstas se pueden aprovechar, dando el enfoque en las áreas que requerirían de mayor intervención, sobre todo en relación a la falta de humedad en zonas específicas. Los instrumentos de teledetección basados en la combinación de bandas de imágenes satelitales (Borràs et al., 2017), utilizadas para el análisis ambiental, dieron buenos resultados para identificar características ambientales, pero no al nivel de detalle óptimo para generar un diseño a una escala tan precisa, debido a que estas herramientas funcionan a una escala mayor. Aún así, se lograron resultados satisfactorios para el caso de estudio. Con respecto al componente ambiental de la contaminación industrial, fue de utilidad tener los datos proveniente del estudio ambiental de ÁreaSur Gestión Urbana (2007), ya que en él se detalla de manera más técnica el área de impacto.

Los resultados del **objetivo 2**, permitieron una aproximación en detalle en relación a la gran variedad de estrategias de infraestructura verde y Sbn, dando a entender de que la infraestructura verde y azul, deben ser complementarias entre sí para lograr mejores resultados. Además, se pueden plantear estrategias específicas para contrarrestar la contaminación acústica y en parte la contaminación atmosférica, al seleccionar especies vegetativas que retengan material particulado y que además sean resistentes a la contaminación, en específico al azufre, el cual corresponde a uno de los principales contaminantes del sector. Con estas especies se pueden moldear estas estrategias, modificando las dimensiones, escalas y la ubicación de éstas para lograr mejores resultados. La contaminación visual se aborda por defecto al implementar soluciones basadas en la naturaleza, ya que éste también corresponde a uno de los objetivos y funciones de éstas (Moreno, et al., 2014). La metodología utilizada también permitió tener de manera sistematizada y ordenada la información, lo que permitió comparar y vislumbrar las opciones a seguir para el objetivo 3.

En relación al **objetivo 3**, se pudo identificar la factibilidad de implementación y la adecuación de ciertas estrategias de infraestructura verde y Sbn para cada tramo y subtramo del área de estudio, con lo cual se pudo determinar también los alcances que permitiría un proyecto de este tipo, junto con las limitaciones que también supone.

Como se mencionó anteriormente, el trazado de alta tensión impide un tratamiento más completo del diseño urbano, más que sólo a nivel de suelo, lo cual también puede traer problemas de seguridad, por lo que el uso como circulación y no como permanencia es lo más parecido a una intervención que se puede recomendar, razón por la cual se opta por una infraestructura complementaria a otras y que además puede proporcionar beneficios en la imagen barrial como lo es un jardín de lluvia. El espacio libre que suponen las viviendas a relocalizar, es vital para generar mayores estrategias asociadas a la infraestructura verde, siempre que se implemente de manera conjunta con la infraestructura azul para mejores resultados. Idealmente en las zonas deportivas, se recomienda el uso de espacios cerrados, aunque se entiende que esto puede ir en contra



de las prácticas cotidianas del lugar. Las condiciones ambientales del tramo C, permiten la implementación focalizada de infraestructura azul asociada a infraestructura verde, lo que podría dar paso a un buen lugar de permanencia en relación al resto del área de estudio que, por sus condiciones espaciales, es bastante más hostil que en este tramo. Además, este lugar tiene importancia ecosistémica, ya que por ser un lugar donde se acumula el agua, hacia él se pueden dirigir todas las aguas pluviales desde los otros tramos a través de las estrategias propuestas.

La ventaja de generar este sistema de estrategias de Sbn, es que permite plantear opciones adaptables a los territorios en los que se implementen, siendo la propuesta presentada, una opción que se adecúa a las condiciones del lugar de estudio, por lo que es adaptable frente a los cambios de políticas públicas y de instrumentos territoriales.

Como proyecciones hacia un futuro, se recomienda encarecidamente la extensión de la franja de seguridad en relación a la cercanía con la industria para el sector residencial, pero esto supone un conflicto latente con la comunidad, que se entiende que no es un problema de fácil solución. Estrategias como el cambio en el PRC de Hualpén, desincentivan la presión inmobiliaria al congelar los usos residenciales al determinarlos como áreas verdes, pero no necesariamente implicarán la relocalización y la migración de la comunidad que vive en sectores bajo riesgo por la contaminación industrial.

Finalmente, cabe recalcar el potencial que tienen las estrategias de infraestructura verde y las Sbn asociadas frente a riesgos antrópicos tales como inundaciones y el riesgo asociado al traslado de químicos tóxicos tales como el mercurio, como lo detalla el informe ambiental (Municipalidad de Hualpén, 2020), así como el riesgo de explosión. Las Sbn y las infraestructuras azules, permiten filtrar parte de los contaminantes en caso de inundación, mientras que la infraestructura verde, supone una barrera de protección, que actualmente no existe, en caso de una explosión industrial que afecte al sector residencial.

12. Conclusiones

El área de estudio plantea problemáticas territoriales a las cuales el diseño urbano, lamentablemente se ve limitado como respuesta final. Aún así, se puede contribuir a la mejora del espacio público y por tanto, a la mejora de calidad de vida y habitabilidad del sector, al proyectar una propuesta adaptada a las condiciones espaciales y ambientales del lugar de estudio. Esto se puede lograr al plantear cómo es que las estrategias de infraestructura verde y azul deben funcionar e integrarse entre sí para funcionar correctamente en cada tramo. Es por esta razón que la implementación de la infraestructura verde en el espacio intermedio entre industria y la zona residencial, sí supone una mejora en el espacio público degradado por la contaminación industrial, al proyectar una propuesta adaptada a las condiciones espaciales y ambientales, que mejoraría la calidad de vida y habitabilidad del sector.

La implementación de infraestructura verde supone una inversión grande y que en muchos casos requiere modificar o analizar la calidad del suelo, así como también considerar la cooperación con las comunidades locales para su subsistencia, pero en el caso de la propuesta desarrollada supone una opción que estudia la interacción entre estrategias en el lugar de estudio. De esta manera, la propuesta plantea un sistema de infraestructuras verdes adaptable frente a los cambios territoriales que se presenten en el



lugar de estudio, ya sean futuras relocalizaciones o cambios en los instrumentos normativos locales.

La estrategias de infraestructura verde conjuntas con otras SBn e infraestructura azul, suponen una buena propuesta para espacios públicos degradados, ya que sus beneficios van más allá del rol de amortiguación o disminución de la contaminación industrial, si no que también pueden permitir un mejor manejo frente a desastres antrópicos. Esto da cuenta de la importancia de la multifuncionalidad que éstas estrategias deben tener hacia la comunidad y el entorno, sobre todo en territorios hostiles y de alta degradación como el caso de estudio. Aún así, se deben considerar las limitaciones obvias de la problemática mayor del caso de estudio, ya que se debe entender que los contaminantes atmosféricos no pueden ser eliminados o incluso reducidos a un nivel considerable por medio de infraestructura verde. El rol de un proyecto de infraestructura verde en el área de estudio, es contribuir en la disminución de efectos asociados a la industria y carretera, tales como la contaminación sonora, el olor asociado a los contaminantes, además de la contaminación visual al mejorar la imagen barrial y contrarrestar la generación de no-lugares.

El problema de fondo siempre estará asociado a la contaminación atmosférica que las industrias pesadas como la Refinería ENAP producen, dañando los entornos urbanos. En estos casos, siempre la regulación debiera ser mayor y de mayor efectividad, funcionando en conjunto con la planificación urbana en sectores próximos a la industria con el fin de evitar el daño hacia la comunidad. Esto a pesar de que muchas veces, las decisiones a nivel de planificación, impliquen conflictos con la misma comunidad, sobre todo en casos que el arraigo territorial es mayor y los procesos de expansión urbana se dan de manera orgánica o informal.

Este trabajo supone una buena base para proyectos futuros tales como el Parque Comunal que el PRC de Hualpén plantea para un futuro, ya que permite tener una caracterización tanto espacial como ambiental, en función de las estrategias de infraestructura verde a implementar, las cuales deben considerar la especificidad de especies vegetativas y su interrelación entre otras Sbn propuestas. La implementación de infraestructura verde implica varios desafíos tanto a nivel económico, como de logística y de vinculación con la comunidad para su correcto funcionamiento en el tiempo. Aún así, propuestas de este tipo son un avance concreto, más allá del cambio de la normativa territorial que muchas veces implica cambios a largo plazo o sólo lineamientos en el desarrollo urbano, ya que plantea un estudio a una escala menor para afrontar las problemáticas locales.

En futuros trabajos de investigación, sería interesante indagar en la percepción de una muestra representativa de toda la población local con respecto a cómo ellos ven su futuro en el área de estudio y cómo esto se contrasta con una proyección como la del presente trabajo.



13. Referencias bibliográficas

- Alcalá, J., Sosa, M., Moreno, M., Quintana, C., Campos, A., & Holguin, C. (2008). Retención de polvo atmosférico en especies arbóreas indicadoras en la planeación urbana sustentable: ciudad de Chihuahua, México. *Multequina*, 17(1), 17-28. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73292008000100001&lng=es&tlng=es.
- ÁreaSur Gestión Urbana (2007). Estudio reordenamiento urbano población Arturo Prat y Villa El Triángulo [Informe técnico no disponible en línea que fue proporcionado directamente por la Municipalidad de Hualpén]
- Baeza, C., Rodríguez, R., Thielemann, E., & Kottirsch, G. (2023). Guía de campo: Árboles del Parque Botánico de Hualpén. *Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB)*. <https://ieb-chile.cl/libro/guia-de-campo-arboles-del-parque-botanico-de-hualpen/>
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., & Camps Valls, G. (2017). Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*, 48, 55-66. <https://doi.org/10.4995/RAET.2017.7133>
- Cabrera, C. (28 de septiembre 2023). Nube negra en Hualpén: El éxodo forzado de una comunidad por los constantes episodios de contaminación. *Futuro 360*. https://www.futuro360.com/desafiotierra/nube-en-hualpen-comunidad-episodios-contaminacion_20230928/
- Carrasco-Jocope, R., Vigil-Requena, S., Valiente-Saldaña, Y., & González-González, D. (2023). Contaminación urbano ambiental y espacio público del centro de Piura, Perú: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 8(16), 171–183. <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i16.2542>
- Castillo-Gallardo, M. (2016). Desigualdades socioecológicas y sufrimiento ambiental en el conflicto “Polimetales” en Arica. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 23(72), 89-114. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10546932004>.
- Centro de Desarrollo Urbano Sustentable [CEDEUS] (2020). Segregación Poblacional. <https://www.cedeus.cl/wp-content/uploads/2021/02/Segregacio%CC%81n.pdf>
- Chuvieco, E. (1999). Short-term fire risk: foliage moisture content estimation from satellite data. *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, 17-34.
- Correa, J., Espinoza, L., Fernández, L., Olivares, T., Silva, M. I. & Valenzuela, E. (2022). Planificación Integrada en contextos de zonas de sacrificio. Caso de la comuna de Tilit. Instituto de Estudios Urbanos y Territoriales UC, Documentos de Taller IEUT, N° 2.a. <https://doi.org/10.7764/doctaller.ieut.002a>



- Dalmasso, A., Candia, R. & Llera, J. (1997). La vegetación como indicadora de la contaminación del polvo atmosférico. *Multequina*, (6), 85-91.
<https://www.redalyc.org/pdf/428/42800608.pdf>
- Earth Observing System Data Analytics (20 de noviembre de 2023). Índice De Agua De Diferencia Normalizada (NDWI). *EOS Data Analytics*. Recuperado el 02 de noviembre de 2024 de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/#>
- Earth Observing System Data Analytics (20 de noviembre de 2023). NDMI: Índice De Humedad De Diferencia Normalizada. *EOS Data Analytics*. Recuperado el 02 de noviembre de 2024 de <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndmi/>
- Elorza, A. (2019). Segregación residencial y estigmatización territorial. Representaciones y prácticas de los habitantes de territorios segregados. *EURE (Santiago)*, 45(135), 91-110.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612019000200091>.
- Empresa Nacional del Petróleo [ENAP] (2022). Reporte integrado 2022.
<https://www.enap.cl/files/get/1065>
- Fadigas, L. (2017). La estructura verde en el proceso de planificación urbana. *Ciudades*, (12), 33–47. <https://doi.org/10.24197/ciudades.12.2009.33-47>
- Falcón-Hidalgo, B. & Pérez, C. (2021). Notas acerca de los jardines botánicos: definiciones y alcance. *Revista del Jardín Botánico Nacional, Universidad de La Habana*, 42, 255-257.
https://www.researchgate.net/publication/357329170_Notas_acerca_de_los_jardines_botanicos_definiciones_y_alcance_Notes_on_Botanical_Gardens_definitions_and_scope
- Fernández, E. y Yáñez, E. (2015). El valor de las áreas periurbanas como espacios multifuncionales en el suroeste de Madrid. *Revista Tecno-logi@ y desarrollo, volumen XIII*, 2-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5468080>
- Freidin, B., Ballesteros, M. S., Krause, M., & Wilner, A. (2019). Estigmatización territorial y salud: experiencias de desigualdad social en la periferia de Buenos Aires. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 35(1), 153–183. <https://doi.org/10.24201/edu.v35i1.1857>
- Gallardo Frías, L. (2015). No-lugar y arquitectura: Reflexiones sobre el concepto de No-lugar para la arquitectura contemporánea. *Arquitecturarevista*, 11(2), 104-115.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/139770>
- Gertosio Swanston, R. & Lira, F. (2022). Suelo permeable y vegetación continua en los conjuntos habitacionales modernos: análisis de tres casos en el sector sur de Santiago de Chile. URBE. *Arquitectura, Ciudad Y Territorio*, (14), 55-76.
<https://doi.org/10.29393/UR14-4SERF20004>
- Giglia, A. (2012). Habitar, orden cultural y tipos de hábitats. En Anthropos (Ed.), *El habitar y la cultura: perspectivas teóricas y de investigación* (1º ed., pp. 9–26). Anthropos.
<https://arquitectas.mx/wp-content/uploads/2022/07/El-habitar-y-la-cultura.pdf>



- Guerrero, F. (9 de noviembre de 2022). El negro destino de Hualpén: intoxicaciones por contaminación de ENAP la transforman en la nueva Puchuncaví. *El Mostrador*. <https://www.elmostrador.cl/noticias/pais/2022/11/09/el-negro-destino-de-hualpen-intoxicaciones-por-contaminacion-de-enap-la-transforman-en-la-nueva-puchuncavi>
- Hauenstein, E. (2006). Visión sinóptica de los macrofitos dulceacuícolas de Chile. *Gayana (Concepción)*, 70(1), 16-23. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382006000100004>
- Hormazabal Poblete, Nina, Maino Ansaldi, Sandro, Vergara Herrera, Magdalena, & Vergara Herrera, Matías. (2019). HABITAR EN UNA ZONA DE SACRIFICIO: ANÁLISIS MULTIESCALAR DE LA COMUNA DE PUCHUNCAVÍ. *Revista hábitat sustentable*, 9(2), 6-15. <https://dx.doi.org/10.22320/07190700.2019.09.02.01>
- Hulley, G., Ghent, D., Götsche, F., Guillevic, P., Mildrexler, D., & Coll, C. (2019). Land Surface Temperature. Taking the Temperature of the Earth, 57–127. doi:10.1016/b978-0-12-814458-9.00003-4
- Instituto Nacional de Estadística (2017). *CENSO 2017 Resultados Población: Comuna de Hualpén*. https://regiones.ine.cl/documentos/default-source/region-viii/estadisticas/censos-de-poblacion-y-vivienda/publicaciones/censo-2017--presentaciones-por-provincia-y-comuna/1_1_presentacion_censo2017_comuna_hualpen.pdf?sfvrsn=743b8fd_2
- Irribarra, F. (29 febrero de 2024). Miyawaki: el método japonés capaz de acelerar hasta 10 veces el crecimiento de los bosques nativos. *Revista ED*. <https://www.ed.cl/archivo/actualidad/miyawaki-el-metodo-japones-capaz-de-acelerar-hasta-10-veces-el-crecimiento-de-los-bosques-nativos/>
- Johnson, D., Ambrose, S., Bassett, T., Bowen, M., Crummey, D., Isaacson, J., Johnson, D., Lamb, P., Saul, M., y Winter-Nelson, A. (1997). Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, 26(3), 581–589. <https://doi.org/10.2134/jeq1997.00472425002600030002x>
- Labra, F. y Fehr, T. (2024). Guía 02: Gestión del agua y la vegetación urbana como infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza. Laboratorio Metropolitano de Biodiversidad y Ecología Urbano (Laboratorio Biourbano). Universidad de Chile. https://infraestructuraverdesantiago.cl/wp-content/uploads/2024/06/GUIA-02_SbN-Agua-y-Vegetacion-Urbana.pdf
- Labra, F. y Fehr, T. (2024). Guía 03: Integración de infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza al diseño de ecobarrios. Laboratorio Metropolitano de Biodiversidad y Ecología Urbano (Laboratorio Biourbano). Universidad de Chile. https://infraestructuraverdesantiago.cl/wp-content/uploads/2024/06/GUIA-03_Ecobbarrios.pdf



- Martínez, R. (2012). Un modelo de análisis del conflicto socio-ambiental para aprender-investigar. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 3, 35-47. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5275908>.
- Meteoblue (s. f.). *Datos históricos del clima y modelo climático para Hualpén*. Meteoblue. Recuperado el 21 de noviembre de 2024 de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/hualp%C3%A9n_chile_3887781
- Meza, P. (2022). Contaminación. Alumnos en Hualpén presentan síntomas de intoxicación por fuertes olores de ENAP. *La Izquierda Diario*. <https://www.laizquierdadiario.cl/Alumnos-en-Hualpen-presentan-sintomas-de-intoxicacion-por-fuertes-olores-de-Enap>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2021). Lanzamiento NCh 3626:2020. Terminología, clasificación y requisitos. [https://www\[minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/PPT-Techos-Verdes.pdf](https://www[minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/PPT-Techos-Verdes.pdf)
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2022). Barrios concursable 2022: Expediente de postulación Barrio El Triángulo. *Programa de Recuperación de Barrios*.
- Moreno, O., Lillo, C. & Gárate, V. (2014). La infraestructura verde como espacio de integración: Análisis de experiencias y estrategias sustentables para su consideración en la planificación, diseño y gestión del paisaje en la intercomuna Temuco - Padre Las Casas, Chile. *XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11) (La Plata, 2014)*, 148-156. <https://core.ac.uk/reader/76492680>
- Municipalidad de Hualpén (2013). *Anteproyecto Plan Regulador de Hualpén: Memoria Explicativa*. https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/04_Anteproyecto_PRC_Hualpen_1.pdf.pdf
- Municipalidad de Hualpén (2018). Informe Ambiental N°2 Plan Regulador Comunal de Hualpén. https://eae.mma.gob.cl/storage/documents/02_2do_IA_PRC_Hualpen.pdf.pdf
- Municipalidad de Hualpén (2020). Informe Ambiental N°3 Plan Regulador Comunal de Hualpén. <http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2023/01/3-Informe-Ambiental-N%C2%BA3.pdf>
- Municipalidad de Hualpén (Diciembre, 2022). Plan Regulador Comunal de Hualpén. <http://www.hualpenciudad.cl/wp-content/uploads/2023/01/5-PRCH-01.pdf>
- Municipalidad de Lo Barnechea (2022). Manual de especies recomendadas y arbolado urbano. <https://lobarnechea.cl/wp-content/uploads/2022/03/Manual-de-especies-recomendadas-y-arbolado-urbano-21032022-.pdf>



- Muñoz, F. (2011). Instrumentos de planificación territorial del área metropolitana de Concepción y su relación con los modelos de desarrollo 1960-2011.
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100346>
- Nowak, D. (2000). Tree species selection, design, and management to improve air quality. *2000 ASLA annual meeting proceedings*. Washington, DC: American Society of Landscape Architects (pp. 23-27).
https://cpb-us-w2.wpmucdn.com/sites.udel.edu/dist/9/604/files/2012/09/Nowak_Trees-for-air-quality1.pdf
- Ortiz, P. (2003). Guía Metodológica para la Gestión Participativa de Conflictos Socioambientales (1° ed.). Ediciones Abya-Yala.
https://digitalrepository.unm.edu/abya_yala/298
- Ortiz, P. (2011). Aproximación conceptual a los conflictos socioambientales (CSA). *Mirar los conflictos socioambientales. Una relectura de conceptos, métodos y contextos*, 17-97.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11133>.
- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 26(1), 16-25.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Pérez Manrique, M. (2022). La contaminación visual como afectación del paisaje urbano. *Revista Jurídica De Investigación e Innovación Educativa (REJIE Nueva Época)*, (27), 61–100. <https://revistas.uma.es/index.php/rejienuevaepoca/article/view/15276>
- Planta Oxígeno (27 febrero de 2024). ¿Qué son los muros verdes y su impacto ambiental?. *Planta Oxígeno*. <https://plantaoxigeno.com/que-son-los-muros-verdes/>
- Portal Portuario (20 julio de 2021). MOP da inicio a obras de construcción del Puente Industrial sobre el río Bío Bío. *Portal Portuario*.
<https://portalportuario.cl/mop-da-inicio-a-obra-de-construcción-del-puente-industrial-sobre-el-rio-bio-bio/>
- Rasse, A. (2021). La persistencia del deterioro urbano en la periferia de las ciudades chilenas. *CIPER*.
<https://www.ciperchile.cl/2021/01/30/la-persistencia-del-deterioro-urbano-en-la-periferia-de-las-ciudades-chilenas/>
- Reyes, V. (5 agosto de 2024). Parques inundables: espacios públicos que recolectan y conectan. *Revista Planeo*.
<https://revistaplaneo.cl/2024/08/05/parques-inundables-espacios-publicos-que-recolectan-y-conectan/>
- Ríos, R. (2012). Espacios abiertos informales. Factores condicionantes de usos y cualidades ambientales informales, estrategias de reutilización y criterios de diseño



sustentable para la intervención en espacios abiertos informales. Caso de estudio: Pudahuel Urbano [Tesis de Magíster en Desarrollo Urbano, Instituto de estudios urbanos y territoriales, Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://estudiosurbanos.uc.cl/exalumnos/espacios-abiertos-informales-factores-condicionantes-de-usos-y-cualidades-ambientales-informales-estrategias-de-reutilizacion-y-criterios-de-diseno-sustentable-para-la-intervencion-en-espacios-abiertos/>

- Rivas, J. (2015). Un urbanismo de la observación: Metodologías prospectivas en torno a la idea de calle ciudad en tres capitales andaluzas (Córdoba, Málaga y Granada). EURE (Santiago), 41(123), 131-158. <https://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612015000300006>
- Robles, M., Martínez C. & Boschi, C. (2019). Los espacios verdes como estrategia de mitigación de la contaminación sonora. Evaluación y análisis del Parque O'Higgins de la ciudad de Mendoza-Argentina. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 35(4), 889-904. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.04.09>
- Rodríguez, R. & Fica, B. (2020). Guía de campo: Plantas vasculares acuáticas en Chile. CORMA. <https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2020/12/Guia-Campo-Plantas-Vasculares-Acuaticas-WEB.pdf>
- Rojo, J. (2017). El deterioro del espacio público y su impacto en las áreas destinadas a la socialización y al desarrollo de la accesibilidad en las ciudades medias mexicanas. Caso Culiacán, Sinaloa. *Universitat Autònoma de Barcelona*. <http://hdl.handle.net/10803/459121>
- Taloor, A.K., Manhas, D.S., & Kothyari, G.C. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. <https://doi.org/10.1016/j.acags.2020.100051>
- Uriarte, S. (2020). Humedales artificiales como reguladores térmicos de viviendas: Fenómenos bioclimáticos de un humedal artificial de depuración de aguas grises en Santiago frente a las proyecciones climáticas. [Tesis de magíster, Pontificia Universidad Católica de Chile].
- Ursino, S., Rojas Chediac, J. & Muiños Cirone, M. (2020). Espacio público y acción colectiva: análisis de los procesos de disputa por la mejora del hábitat en dos barrios periféricos de la Ciudad de la Plata. Revista de urbanismo, (43), 96-115. <https://dx.doi.org/https://doi.org/10.5354/0717-5051.2020.55482>
- Vásquez, A., Velásquez, P., Devoto, C., Giannotti, E., Caimanque, R., Dobbs, C., Gutiérrez, A., Costa, E., Rojas, V., Galdámez, E., Gacitúa, P., Goler, T., Mac Lean, G., Cortés, A., Errázuriz, D., Sanchez, D. y Álvarez, D. (2023). Stgo+ Plan de Infraestructura Verde de Santiago.



https://infraestructuraverdesantiago.cl/wp-content/uploads/2024/05/Plan_Infraestructura_Verde_de_Santiago_Chile.pdf

- Vicerrectoría de Investigación y Desarrollo, Universidad de Chile y Programa de Reducción de Riesgos y Desastres (CITRID). (2020). Los territorios que habita(re)mos: ¿qué futuro existe para las zonas de sacrificio?. *Universidad de Chile, VID*, 30.
<https://doi.org/10.34720/z5ew-4395>
- Walter, M. (2009). Conflictos ambientales, socioambientales, ecológico distributivos, de contenido ambiental... Reflexionando sobre enfoques y definiciones. *Centro de Investigación para la Paz (CIP-Ecosocial)*, 6.
https://portala.exactas.unlp.edu.ar/uploads/docs/walter_mariana.pdf
- World Conservation Congress (2016). *Definición de soluciones basadas en la naturaleza* [Conferencia].
https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2016_RES_069_ES.pdf
- Zucchetti, A., Hartmann, N., Alcantara, T., Gonzales, P., Cánepa, M. & Gutierrez, C. (2020). Infraestructura verde y soluciones basadas en la naturaleza para la adaptación al cambio climático: Prácticas inspiradoras en ciudades de Perú, Chile y Argentina. *Plataforma MiCiudad, Red AdaptChile y ClikHub*.
<https://idl-bnc-idrc.dspsedirect.org/server/api/core/bitstreams/81fb3c98-33fd-452d-a337-08306a5cac76/content>