



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Escuela de Arquitectura
Magister en Proyecto Urbano



Estrategias proyectuales para la generación de un ecosistema urbano sustentable: Caso del tren Alameda-Melipilla y su potencial para el manejo del agua

Por

Matías Damián Villanueva Casado

Pontificia Universidad Católica de Chile, 2020

Tesis presentada para optar al grado de
Arquitecto y Magíster en Proyecto Urbano

de la

Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Pontificia Universidad Católica de Chile

Profesores guía: Carolina Katz y Ricardo Abuauad

Santiago, Chile
Octubre, 2020



©2020, Matías Villanueva Casado
Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio
o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita al trabajo y a su autor.

Gracias a mi familia, por su apoyo constante y a Maritza por su amor incondicional en los momentos más difíciles a lo largo de este lindo camino. Gracias a mis amigos por estar presentes en este proceso durante toda la carrera. Gracias a mis profesores Carolina y Ricardo por su conocimiento y por guiarme en el cierre de este ciclo. Su alegría y compromiso nos empujaron a todos a querer siempre ser mejores arquitectos y mejores personas.



*Camino Melipilla inundado.
Fuente: 24horas.cl*

Abstract

El modelo de expansión urbana contemporáneo ha generado ciudades con menor capacidad de infiltración. Esto se debe a la utilización de materiales impermeables como el hormigón o el asfalto, que, al mismo tiempo, provocan el aumento de la temperatura superficial. En comunas como Maipú, que tuvieron un origen agrícola, ha generado el mal funcionamiento de sistemas de cauces y canales que anteriormente solían irrigar la zona. En conjunto con un sistema de recolección de aguas lluvias deficiente y rígido, ha generado múltiples focos de inundación y deterioro del espacio público en varios puntos de Maipú y Cerrillos.

Por otro lado, bajo el marco del cambio climático que vivimos hoy, existe un problema de sequía y escasez hídrica en la zona centro de nuestro país. Ha ocasionado, por un lado, la disminución de este recurso para el consumo humano y por otro, la degradación del espacio público al no poder ser mantenido correctamente. Además de la disminución del recurso para la producción agrícola.

Adicionalmente, las infraestructuras de transporte representan y ocupan una gran área de nuestras ciudades. Son estructuras lineales y continuas que las atraviesan. Un ejemplo de esto es el Tren Alameda-Melipilla, cuyo trazado y uso datan del año 1888. Actualmente solo es utilizado para el transporte de carga, generando espacios residuales a su alrededor en las comunas de Estación Central, Cerrillos y Maipú.

Finalmente, esta convergencia de problemas y el proyecto de rehabilitación del Tren Alameda-Melipilla para pasajeros, presenta una oportunidad para la incorporación de un proyecto urbano. Se busca la generación de un ecosistema urbano sustentable y resiliente, capaz de funcionar como un sistema de infiltración, retención y almacenaje de agua a escala urbana. En su relación con la ciudad, el territorio y los espacios públicos, generará una sinergia de beneficios y servicios ecosistémicos, tales como: disminución de temperatura ambiente, tratamiento de aguas, mitigación de eventos extremos, colaboración en mantenimiento de áreas verdes, etc. A través de la capitalización de la inversión en el nuevo proyecto de la línea de tren Alameda-Melipilla, se busca la creación de un nuevo modelo de ciudad sustentable, que sea capaz de ser incorporado en otros sectores periféricos de Santiago.

Palabras claves: *espacio público, aguas lluvias, servicios ecosistémicos, ecosistema urbano, tren Alameda-Melipilla*

Índice

-Abstract	7
1. Presentación del problema	11
-Modelo de expansión urbana e impermeabilización de suelo	
-Sequía y escasez hídrica en Chile y Santiago	
-Proyecto de la línea del tren Alameda-Melipilla	
2. Formulación de la investigación	17
-Problema	
-Objetivo	
-Hipótesis	
3. Maipú y sus trazas agrícolas e hídricas	20
-El ciclo del agua en la agricultura	
-Conformación urbana a partir de trazas agrícolas e hídricas	
-Aprendizajes y oportunidades del manejo de aguas	
4. Maipú actual: inundaciones y escasez hídrica	31
-Inundaciones y su relación con el pasado	
-Escasez hídrica y sus efectos en el espacio público	
-Sitios eriazos como oportunidad de proyecto	

5. Ecosistemas urbanos sustentables a través de infraestructura verde	40
-Ecosistemas urbanos y sus definiciones	
-Infraestructura verde como tejido urbano	
-Servicios ecosistémicos y sus beneficios	
-Referentes	
6. Estrategias proyectuales de manejo de aguas	54
-Infiltración como herramienta multi-escalar	
-Retención como herramienta de mitigación	
-Almacenamiento como herramienta paisajística	
-Referentes	
7. Aproximación proyectual	67
-Macro-escala: el plan maestro	
-Meso-escala: la pieza	
-Micro-escala: el punto detonante	
-Conclusiones	125
-Bibliografía	127

1

Presentación del problema

Modelo expansión urbana e impermeabilización del suelo

Hoy en día, la ciudad de Santiago se encuentra dentro de un proceso de expansión urbana que aún no termina. Esto se condice con un alto crecimiento económico que viene dándose desde los años 70' y 80', que trajo consigo una inversión en las redes de infraestructura y soluciones habitacionales rápidas (Rozas & Sánchez, 2004). El problema es que este proceso de expansión urbana no se ha basado sólo en la densificación de zonas céntricas dentro de la ciudad. Se ha basado también en la extensión sin regular de la ciudad hacia la periferia, generando segregación espacial y social. Esto es algo que se puede ver repetido en múltiples ciudades latinoamericanas (Heinrichs, Nuissl & Rodríguez, 2009). Esta población suele encontrarse desprovista de equipamientos y servicios, al conformarse mayoritariamente como barrios residenciales, que depende del transporte público para movilizarse dentro de la ciudad. Al mismo tiempo, suelen ser barrios conformados por habitantes de menores recursos económicos, que no pueden costear el valor de tener una propiedad en el centro de la ciudad, y menos en el sector nor-oriente, zona que cuenta con la mayor cantidad de espacio públicos, equipamientos y servicios (Hidalgo Dattwyler, 2007).

La ciudad de Santiago se encuentra conformada a partir de comunas que hacen regir sus planes reguladores, bajo un Plan Regulador Metropolitano, que vela por el ordenamiento territorial y usos de suelo de la ciudad completa. Estos no funcionan en conjunto y no cuentan con esta visión de ciudad, principalmente debido a que la planificación de redes de transporte y el uso de suelo no funcionan integradamente (Cárdenas, 1999). Esto ocasiona que no haya continuidad en la ciudad y que, al mismo tiempo, esta no crezca de forma planificada. Uno de estos problemas es la dependencia que se tiene del uso del automóvil,

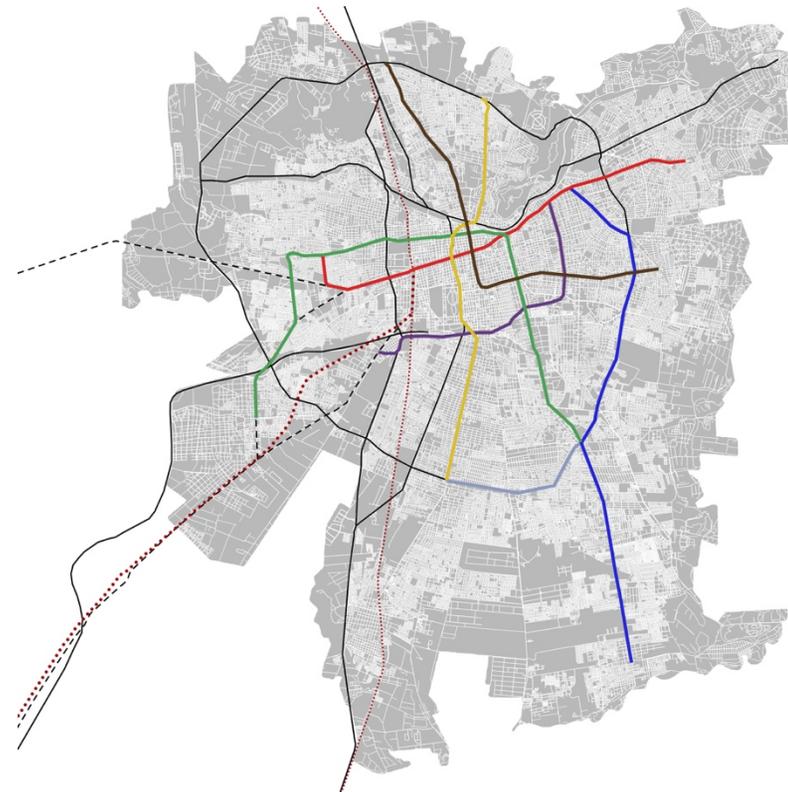


Figura 1: Área urbana de Santiago y principales infraestructuras de transportes.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

para el ingreso a la ciudad desde sectores periféricos y rurales a su alrededor, como lo es Melipilla. Esta dependencia genera que otros medios de transporte públicos, como el tren, queden en un segundo plano (Cabia, 2019). Así es como la ciudad termina creciendo alrededor de infraestructuras de transporte deficientes, que generan espacios residuales y que se encargan de segregar aún más a las comunidades y barrios (Figura 1).

Este modelo de expansión urbana contemporáneo ha ocasionado la utilización de materiales impermeables tales como el hormigón o el asfalto. Esto ha terminado por afectar y disminuir la capacidad de infiltrar el agua lluvia del suelo urbano, recayendo principalmente en sistemas de infraestructura gris, que suelen colapsar y ocasionar inundaciones en múltiples zonas de la ciudad. Este sistema de drenaje funciona a partir de evacuar el agua a través de conductos cerrados de la forma más rápida posible, para hacerla llegar a zonas de desagüe como lo son el canal San Carlos, el Zanjón de la Aguada y el río Mapocho. Como este sistema se encuentra diseñado a partir de modelos y estadísticas, cuando estos se ven sobrepasados ante episodios fuera de las proyecciones, colapsan al no tener una forma de desaguar o infiltrar el agua que no logra ser manejada por el sistema (Figura 2).

De forma paralela, y en relación con otros problemas que mencionaremos más adelante, el excesivo uso de hormigón en calles y edificios ha generado el aumento de la temperatura superficial, generando islas de calor en múltiples zonas a lo largo de la ciudad. Esto se debe a la capacidad de almacenar calor de estos materiales, que durante el día absorben energía para después emitirla durante la noche. Este fenómeno se ve aumentado ante la inexistencia de vegetación o cuerpos de agua, que, a través de la evapotranspiración, se encargan de moderar las temperaturas de la ciudad (Leiva, 2014).

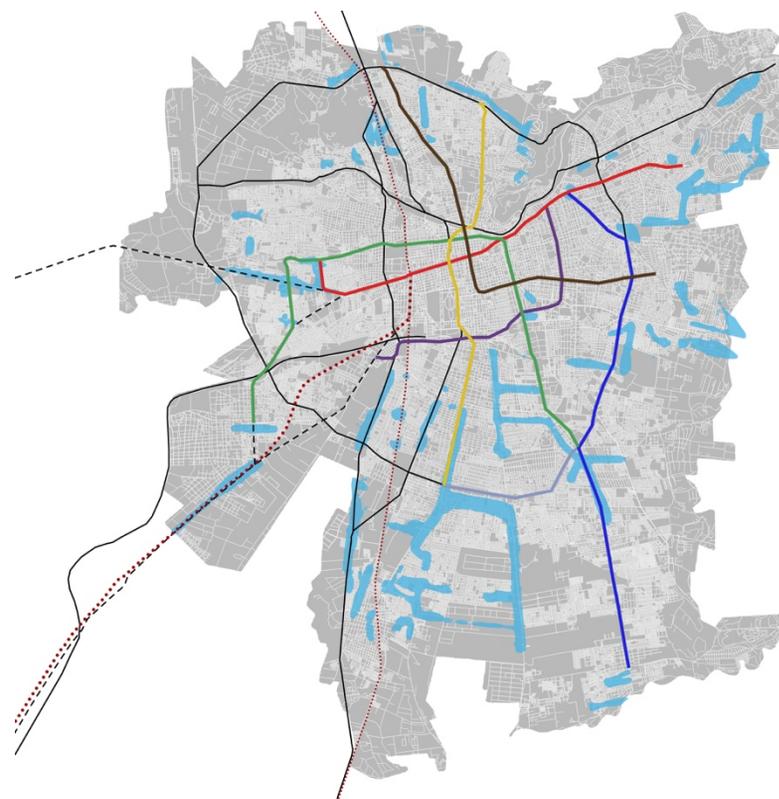


Figura 2: Área urbana de Santiago, principales infraestructuras de transporte y zonas de inundación recurrente.

Fuente: Elaboración propia en base a partir de plano de peligro de remociones en masa e inundaciones del Gran Santiago, SERGAGEOMIN, 2003.

Sequía y escasez hídrica

Los impactos debido al cambio climático ya están empezando a verse alrededor del mundo. El agua empieza a escasear y sequías azotan lugares que no se encuentran preparados, lo que termina por afectar la agricultura y el desarrollo de bienes de consumo humano (Garreaud, 2011). Al mismo tiempo, los eventos climáticos como lluvias y tormentas se han reducido en frecuencia, pero han aumentado en fuerza, generando inundaciones y remociones de masa. Estos efectos del cambio climático se han empezado a ver reflejados en nuestro país y poco a poco amenazan con empeorar si es que no se hace algo al respecto pronto (Figura 3).

Desde la perspectiva de la escasez hídrica y sequía, la zona central del país se ha visto muy afectada en los últimos años, y esto ha ocasionado problemas en la generación de bienes agrícolas y de ganadería (Gonzalez, Lara, Urrutia & Bosnich, 2011). Según un informe de la Dirección General de Aguas, comunas como La Pintana y Maipú sufren de deterioro en la calidad del agua para uso agrícola, disminuyendo la calidad de los productos producidos (Dirección General de Aguas, 2015). Por otro lado, la sequía y escasez hídrica ha ocasionado el deterioro de áreas verdes al no poder ser mantenidas de la manera correcta. Esto está en directa relación con el alza de las temperaturas promedio de la ciudad de Santiago. El aumento de las temperaturas, en combinación con el modelo contemporáneo de expansión urbana, ha generado según estudios de Espinoza y Martín-Vide, la aparición de islas de calor en zonas altamente construidas como Santiago Centro y Providencia (Espinoza & Martín-Vide, 2014), y además en zonas con alta densidad de industrias como Quilicura y Maipú (Romero & Opazo, 2017). Como mencionamos anteriormente, esto se ve intensificado con la falta de vegetación y cuerpos de aguas que se encargan de moderar las temperaturas a través de la evapotranspiración.

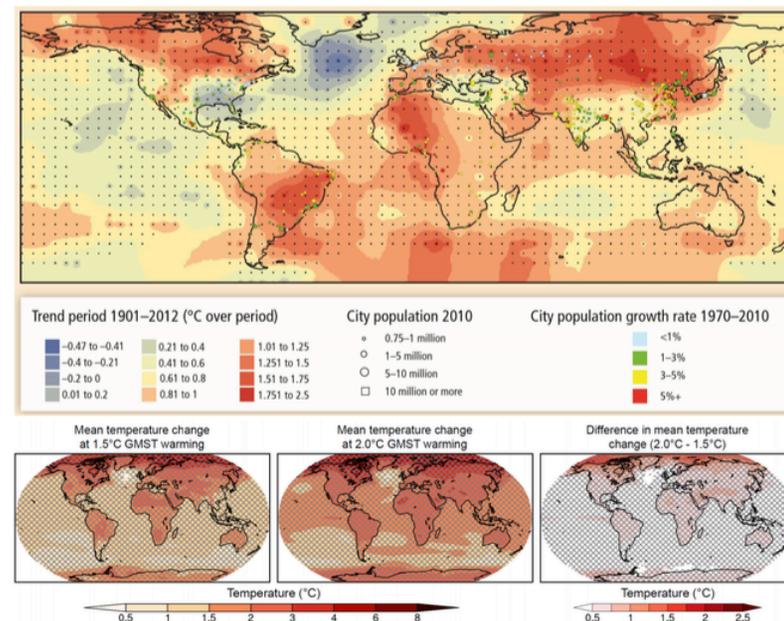


Figura 3: Mapas que muestran la distribución global de los cambios de temperatura debido al cambio climático.

Fuente: IPCC 2014 y 2018 respectivamente.

Por otro lado, los episodios de precipitaciones se han vuelto menos frecuentes, pero más fuertes, y en combinación con la poca capacidad de infiltración del suelo y los sistemas deficientes de drenaje urbano, terminan por generar inundaciones, desbordes y anegamiento, tanto en el espacio público como en el espacio privado. Durante el año 2019, hubo un déficit aproximado de 77% en cuanto a la caída de agua lluvia respecto a un año promedio en Santiago. Y el mismo año, Chile pasó a estar dentro de los 18 países con mayor riesgo de sufrir estrés hídrico (Bevilacqua, 2019). Esto representa una especie de contradicción frente al contexto de sequía y escasez hídrica por el cual pasamos. Cuando existe la oportunidad de utilizar el agua ante episodios de fuertes precipitaciones, ésta es drenada a través de conductos cerrados y depositada en los cauces principales de la ciudad.

En un estudio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo del año 2014, se describe como hay déficits en la planificación de las ciudades chilenas, desde la perspectiva del cuidado del medioambiente. No hay una incorporación de los ecosistemas naturales y de las cuencas hidrográficas en el diseño urbano. Y hay una falta de correlación entre la planificación territorial y la factibilidad de recursos naturales, como el agua. Esto lleva a aumentar la probabilidad de desastres naturales y a reducir la capacidad de las ciudades de manejar los riesgos y mitigar las consecuencias (MINVU, 2014). No se toma la oportunidad de infiltrar el agua de forma más medida y lenta a través del suelo vegetal y no se toma la oportunidad de retenerla y acumularla para darle usos fuera del consumo humano, como la mantención de espacios públicos. Así mismo, esta agua no es aprovechada como cuerpo de agua que sea capaz de disminuir las temperaturas de sus ambientes. Desde la misma perspectiva, no se ha implementado legislación clara que regule los sistemas de reciclaje de aguas grises de edificios, así como tampoco sistemas de recolección de aguas lluvias de sus techos para ser utilizadas para fines como los ya mencionados (Figura 4).

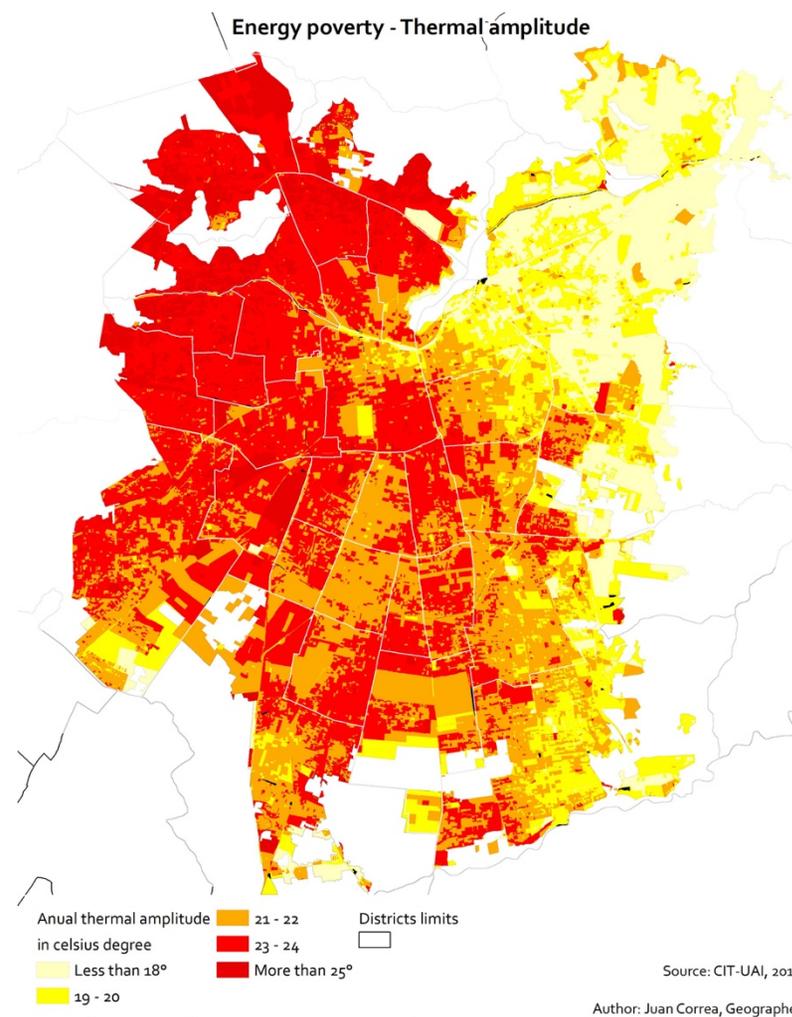


Figura 4: Amplitud térmica promedio anual en grados Celsius.
Fuente: Juan Correa, 2019.

Proyecto de la línea de tren Alameda-Melipilla

Dentro del contexto de estas dos problemáticas, surge la iniciativa de la rehabilitación de la línea de tren que va desde Estación Central en Santiago, hasta San Antonio, pasando por localidades como Talagante, Padre Hurtado y Melipilla, esta última por la cual recibe su nombre Meli-Tren o Tren Alameda-Melipilla (Figura 5). Actualmente, esta línea de tren es ocupada solamente para transporte de carga una vez al día, lo cual representa una gran infraestructura subutilizada que atraviesa la ciudad de Santiago, desde su centro pasando por el sector sur-poniente, es decir por comunas como Estación Central, Cerrillos y Maipú. Este proyecto, que pertenece a la Empresa EFE, seguiría los parámetros y estrategias utilizadas por otra línea férrea, que es el tren Nos. Esta iniciativa, no solo representaría la existencia de un nuevo método de transporte para una gran población rural, que se moviliza todos los días al centro de Santiago, a través de distintos medios de transporte, sino que podría ser incorporada y aprovechada como una oportunidad de generar un nuevo proyecto urbano que logre capitalizar la iniciativa de este proyecto.

Existen pocas oportunidades de generar proyectos de tal envergadura en una ciudad como Santiago, donde cada municipio trabaja de forma aislada, velando por su territorio administrativo. Si bien hay planificación a través de planes reguladores o seccionales, estos no se desarrollan de forma integrada, haciendo muy difícil de implementar proyectos urbanos que logran dar unidad a la ciudad. En el estudio del MINVU anteriormente mencionado, se describe la escasez e insuficiencia de herramientas para la implementación de proyectos urbanos. Y por lo mismo, al hacerse la implementación de uno de estos, no suelen abordar las demandas que producirá. De la misma forma, no hay una mirada de sistema, en que se permita entender a la ciudad como un organismo vivo, dinámico y cambiante (MINVU, 2014). El caso del tren Nos fue uno que no fue tomado como iniciativa para generar un proyecto urbano en torno a él. Si bien el estándar de las estaciones y de las instalaciones del tren son altos, los espacios públicos

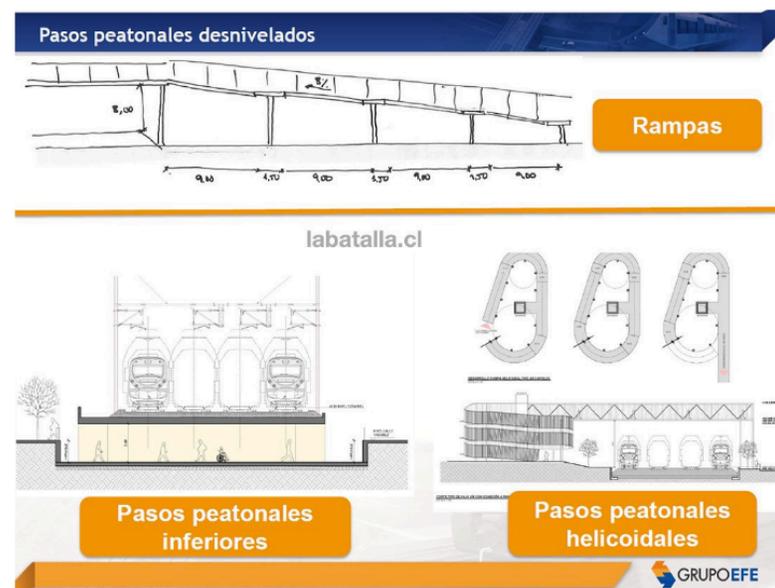


Figura 5: Propuesta de arquitectura de grupo EFE para proyecto de tren Alameda-Melipilla.

Fuente: EFE, 2015.

a su alrededor no cuentan con el mismo nivel de calidad (Figura 6 y 7). Esto se da por planes reguladores que no se ven modificados ante la llegada de las estaciones de tren, que sin duda deberían ser utilizadas como gatillantes de desarrollo, tanto inmobiliario como de equipamiento y servicios. El modelo de expansión urbana contemporáneo, al menos en la ciudad de Santiago, es uno que ha ocasionado que sus zonas periféricas, que cada día crecen más, queden desconectadas de la red de transporte público y de las infraestructuras de transporte en general. Esto se debe nuevamente a la poca visión de ciudad y de planificación territorial que se tiene en las ciudades latinoamericanas en general. Ciudades en las que se evalúan proyectos urbanos una vez que la ciudad ya ha crecido y presenta algún problema, y no antes. De forma reactiva y no planificada.

Por otro lado, los distintos cauces que operan en la zona de Maipú y Cerrillos, que anteriormente eran usados para regadío, se encuentran saturados, modificados y alterados por la construcción de infraestructura de transporte y vivienda, y ciertamente, no se tomará este proyecto como una oportunidad de resolver los verdaderos problemas que afectan a esta zona de la ciudad, además de la falta de movilidad. Problemas como la escasez de espacios públicos en general y más aún de espacios públicos verdes. Problemas de inundación y anegamiento que se dan debido a la baja capacidad de infiltración del suelo y la modificación de los cauces para adecuarlos al tejido urbano (Muñoz, 2007).

En el caso de Santiago, la integración del Tren Alameda-Melipilla surge como una oportunidad de poder reformar la ciudad de manera positiva, con un enfoque sustentable y resiliente. Todos los problemas que representa la construcción de este proyecto sin una visión de proyecto urbano son al mismo tiempo, oportunidades para generar un nuevo modelo de construcción de ciudad. Uno en donde toman en cuenta los sistemas naturales y los sistemas urbanos para que trabajen de forma complementaria.



Figura 6: Estación Lo Blanco Metrotren Nos.
Fuente: Leonardo Soto, twitter: @LeoSotoChile, 2017.

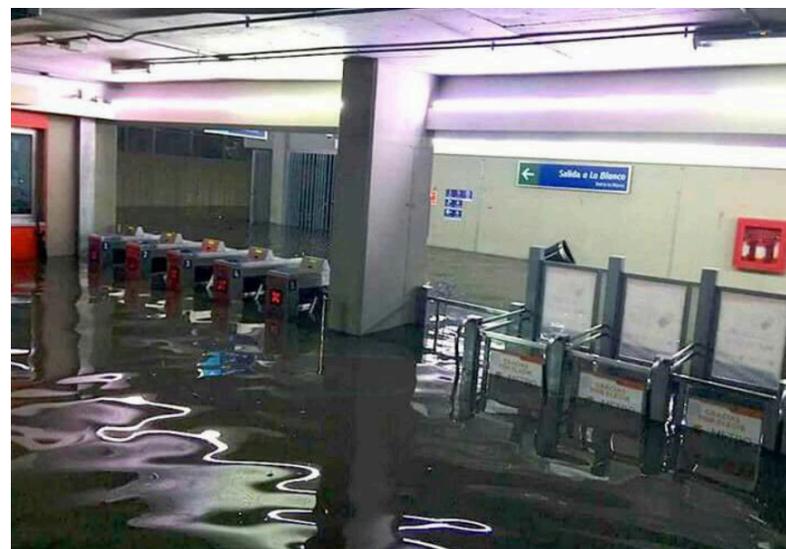


Figura 7: Estación Lo Blanco Metrotren Nos inundada por desborde de canal cercano.
Fuente: Luis Larrain twitter: @LuisLarrain, 2017.

2 Formulación de la investigación

Problema

El modelo contemporáneo de expansión urbana ha provocado la impermeabilización del suelo, lo que se ve agravado por un sistema de recolección de agua lluvias ineficiente, que termina por generar focos de inundación en múltiples zonas de Maipú y Cerrillos. Paradójicamente, debido al cambio climático, existe un problema de escasez hídrica y sequía, que ocasiona la disminución de este recurso para la mantención adecuada de áreas verdes y vegetación de espacios públicos. Finalmente, la incorporación de la nueva línea de tren involucrará la degradación de su espacio inmediato, alterando los cursos de aguas que provienen desde el sur-oriente.

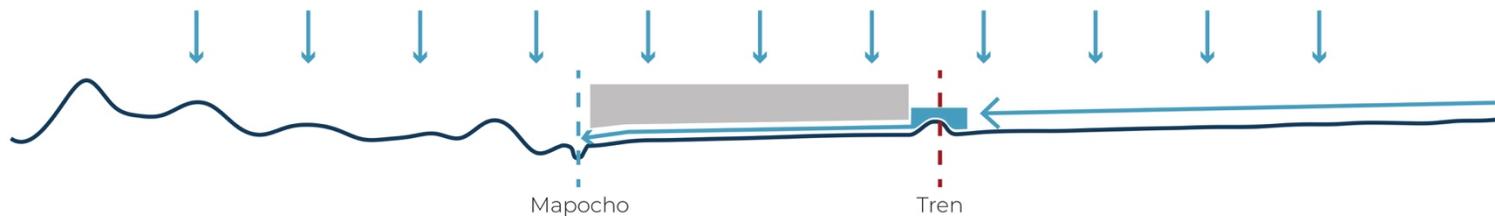


Figura 8: Representación esquemática de cómo la ciudad y la infraestructura de transporte impide el correcto funcionamiento del agua.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Objetivo general

Se busca aprovechar la oportunidad que representa el tren Alameda-Melipilla, para la generación de una red de espacio abiertos públicos y privados, que sean capaces de funcionar según los conceptos de infraestructura verde para conformar un ecosistema urbano sustentable y resiliente, que, en su relación con la comunidad, genere servicios ecosistémicos, creando así un modelo que pueda ser replicado en otros sectores periféricos de la ciudad.

Objetivos específicos

- Controlar los efectos en el espacio público y privado de las inundaciones provocadas por las fuertes lluvias.
- Disminuir las islas de calor generadas en Maipú por su concentración de industrias y el uso de materiales como hormigón, asfalto, etc.
- Capitalizar el proyecto del tren Alameda-Melipilla tomándolo como oportunidad de generar un proyecto urbano.
- Crear espacios de recreación y deportes para las comunidades de estas comunas.

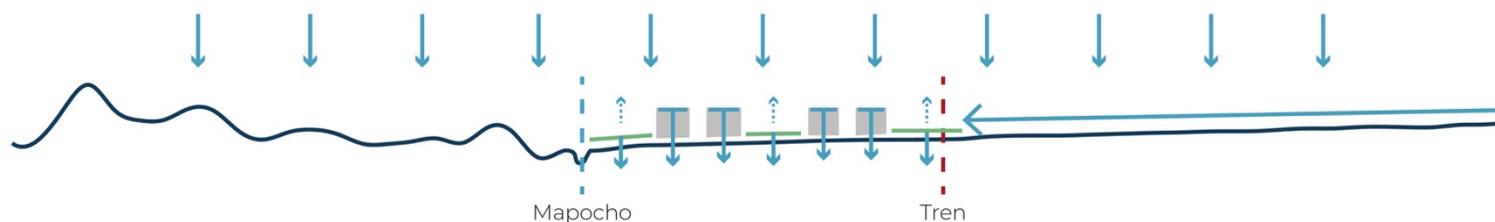
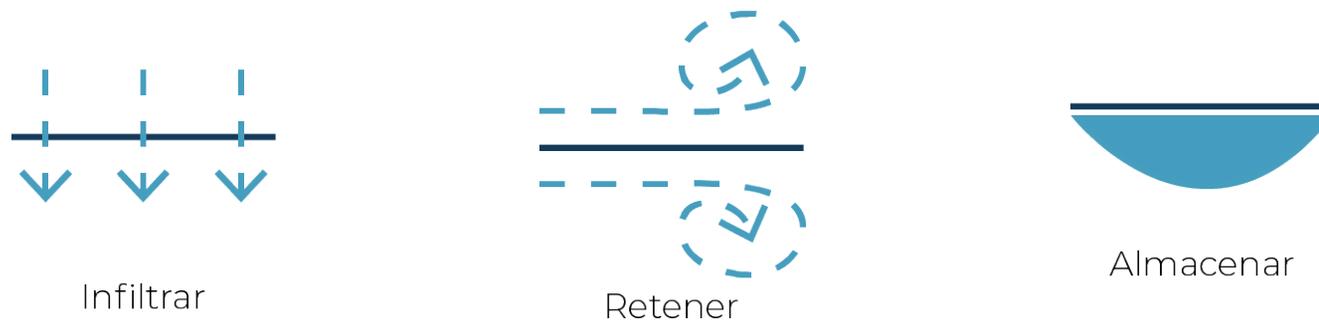


Figura 9: Representación esquemática del funcionamiento del ecosistema que se busca crear.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Hipótesis

A través de estrategias proyectuales y espaciales de infraestructura verde, se generará una red de espacios públicos y privados capaces de infiltrar, retener y almacenar el agua lluvia. Se busca conformar un ecosistema urbano sustentable, que permitirá establecer una relación de retroalimentación con la comunidad, al involucrar el agua como un recurso paisajístico y productivo. Para esto se toma como oportunidad la inversión de la construcción de la línea de tren Alameda-Melipilla.



*Figura 10: Representación esquemática de las principales estrategias proyectuales que se integrarían en el ecosistema urbano.
Fuente: Elaboración propia, 2019.*

3

Maipú y sus trazas agrícolas e hídricas

El ciclo del agua en la agricultura

Antes de empezar a describir como la condición agrícola que tenía Maipú en el pasado afecta su trazado y conformación urbana en el presente, debemos establecer cómo se ocupaba el agua como recurso productivo, y cómo se manejaba el ciclo del agua a favor de los agricultores y productores de bienes de consumo humano (Figura 11). El agua es un recurso natural renovable, pero a la vez limitado, y por lo tanto, es importante para el desarrollo de esta investigación entender cómo funciona este ciclo (Miracle, 2006).

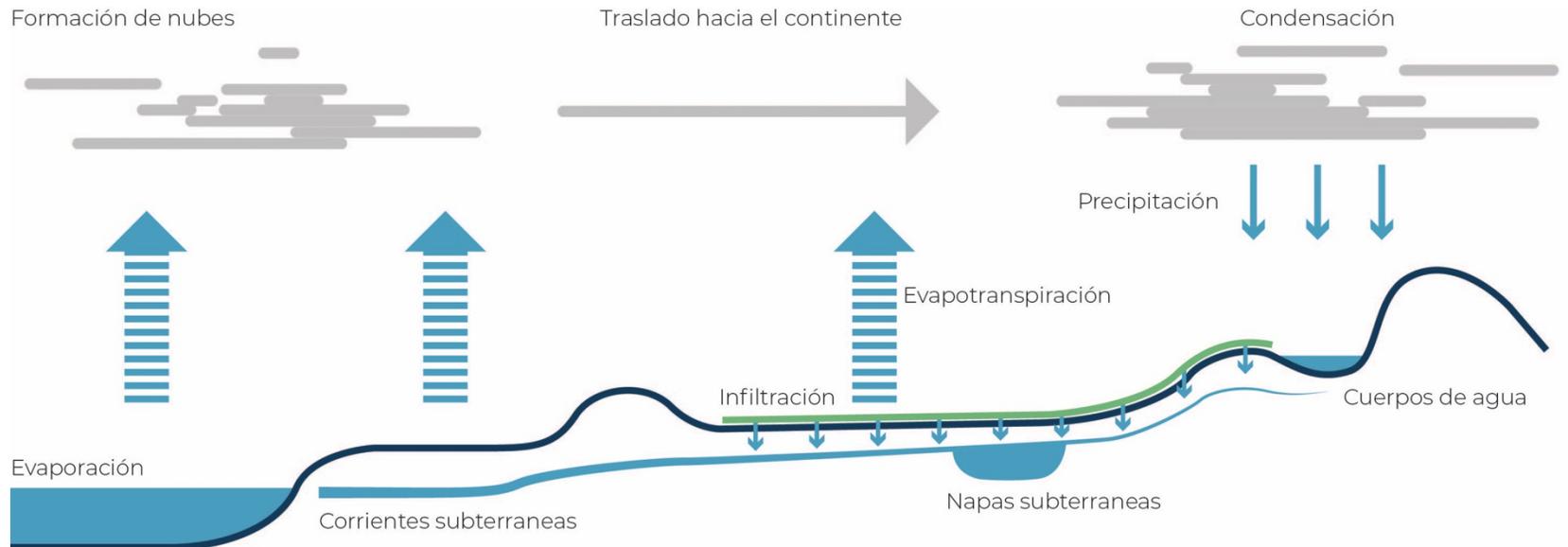


Figura 11: Representación esquemática del ciclo del agua.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

El agua comienza este ciclo en el océano. Esta se evapora de forma natural, proceso en el que pierde su contenido salino, para subir y conformar nubes de vapor de agua. Estas nubes gracias al viento y las corrientes marinas que circulan por la tierra terminan por dirigirse hacia el continente. Entrado al continente se produce una diferencia de presión atmosférica y de temperatura, que termina por generar precipitaciones. Si no cae como nieve, cae como agua, la cual tras caer en la vegetación se infiltra en la tierra a napas subterráneas. También una parte de ella genera cauces naturales por las quebradas de las montañas. En el caso de Santiago, existen dos grandes ríos que lo atraviesan. El río Mapocho, que circula por la parte norte de oriente a poniente para luego descender hacia el sur por el lado poniente de la ciudad, pasando junto a comunas como Pudahuel y Maipú. El otro río es el Maipo, que proviene desde la cordillera para descender por el lado sur de Santiago también de oriente a poniente. Naturalmente, esta agua debería continuar su recorrido de forma normal hacia el mar, ya sea en superficie o subterráneamente, para así dar inicio nuevamente al ciclo (Figura 12).

En el caso de la agricultura, esta extrae y canaliza el agua, la cual es utilizada para irrigar zonas de cultivo. Estos canales se hacen artificialmente, pero en general, para no contar con un nivel muy elevado de ingeniería, se hacen siguiendo las pendientes naturales, para favorecer su movimiento sin la utilización de bombas u otros dispositivos. Un ejemplo de esto es el Canal San Carlos, que se utilizó como canal de regadío, extrayendo agua desde el río Maipo y depositándola en el río Mapocho. El regadío se hace a través de controladas inundaciones del área de cultivo, para que la tierra y las diversas plantas absorban esta agua, y es el resto pueda ser infiltrada por la tierra. El agua que no es absorbida por la tierra cuando llega a su punto de saturación escurre superficialmente y se deposita en otros canales de evacuación que llevan el agua devuelta a los flujos principales. Es por esto por lo que en el general el agua consumida por la agricultura se condice con la cantidad de alimento producido por la misma. Frente al escenario del cambio climático, y el periodo de escasez

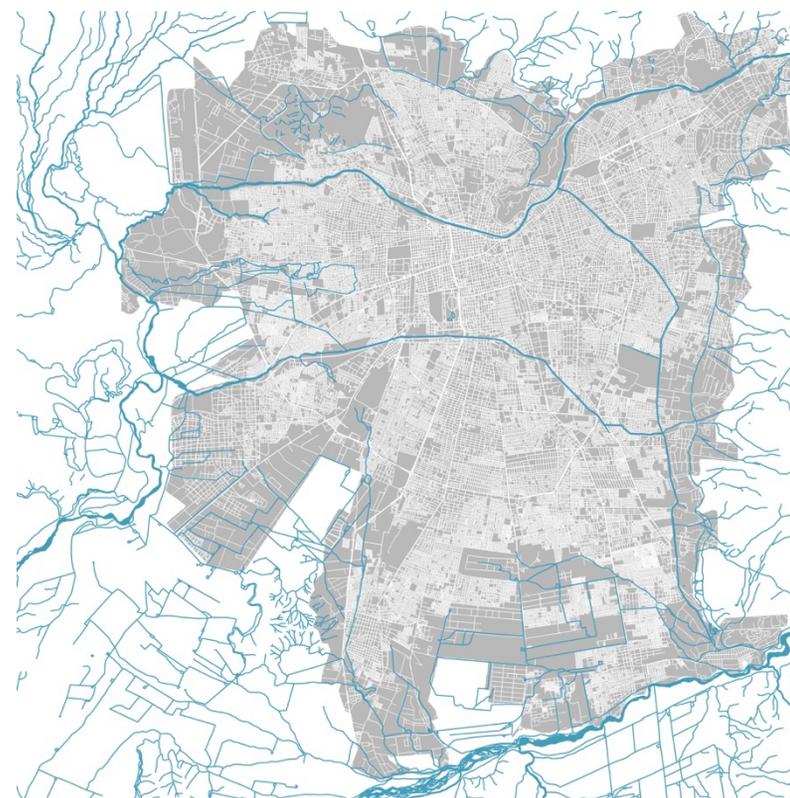


Figura 12: Área urbana de Santiago y principales flujos hídricos.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

hídrica y seca por el cual pasamos en Chile actualmente, puede verse cómo este proceso ha empezado a tener algunos problemas. Con el incremento de la población mundial, y consecuentemente en Santiago, junto con la mejora de la calidad y esperanza de vida a forma general, podemos deducir cómo el nivel de consumo de bienes a empezado a aumentar, lo cual por consiguiente determina que se debe producir una mayor cantidad de comida, utilizando mayor cantidad de agua. Al mismo tiempo, las regulaciones medio ambientales se hacen cada vez más estrictas, limitando el consumo de ésta. Esto terminará por generar presión sobre las políticas de gestión de agua en el país (Grupo de riesgos, agronomía y medio ambiente, n.d.) (Figura 13).

La arquitectura muchas veces tiene la capacidad de dar solución a problemas cotidianos y a la vez a problemas menos frecuentes. Estos problemas pueden variar en escala y forma, al igual que la arquitectura, y el proyecto urbano no queda fuera de esto. El proyecto urbano es arquitectura de escala de la ciudad, en donde se espera dar solución no solo a problemas puntuales, sino que además se busca generar nuevas oportunidades para que la ciudad mejore. Por esto es que se suele hablar de los proyectos urbanos como dinámicos y variables. El diseño del proyecto urbano y la arquitectura del paisaje, suelen recoger características de los estudios de ecología y de los ecosistemas naturales. Una de estas características es su capacidad de cambio, de adaptabilidad y de flexibilidad (Portas, n.d.). Ascher describe esto en su libro “Los nuevos principios del urbanismo”, en donde describe cómo los proyectos urbanos contemporáneos deben ser capaz de contar una gestión reflexiva, adaptada a la sociedad y cultura compleja, y al futuro incierto que depara a las ciudades. De la misma forma, el proyecto urbano logra articular las acciones y consecuencias de largo y corto plazo, además de moverse entre la gran y la pequeña escala. En ninguno de estos cambios se pierde el objetivo principal del proyecto, pero se deja su realización abierta a cambios, para adaptarse a un mundo y a una sociedad igual de variable y cambiante (Ascher, 2004).

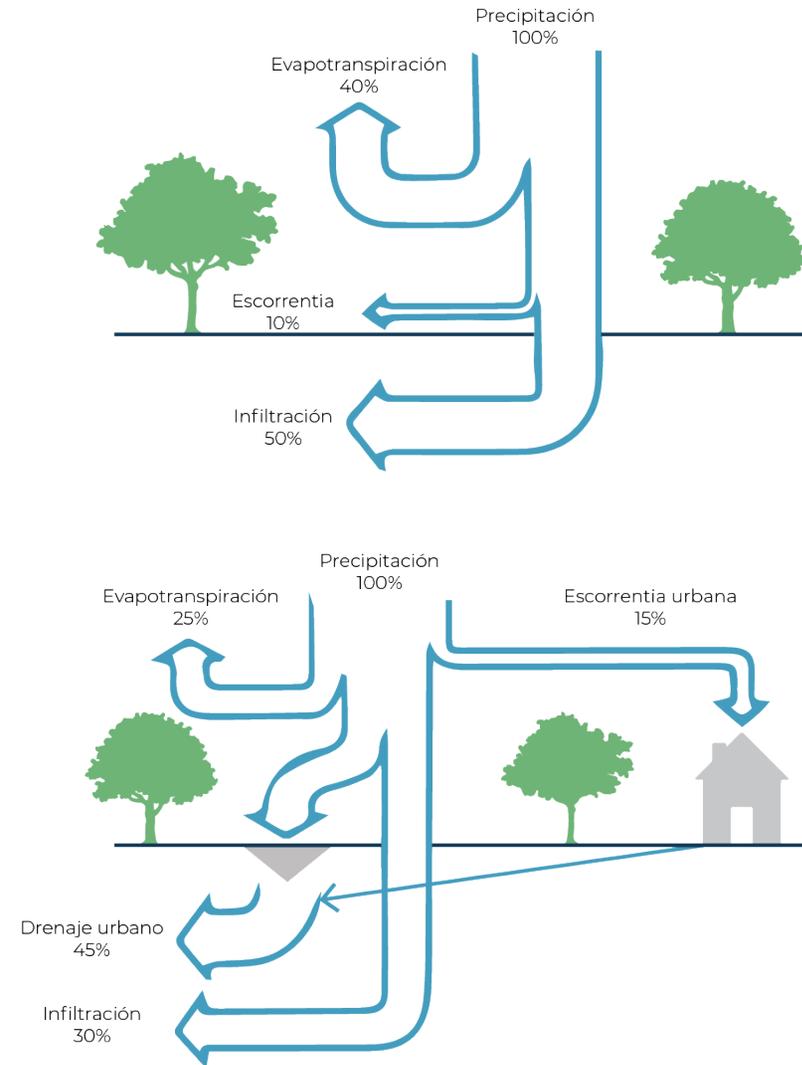


Figura 13: Representación esquemática de destino del agua, de acuerdo con suelo pre-urbano y urbano.

Fuente: Elaboración propia en base a Tucci, 2007.

El proyecto urbano en este caso tiene la capacidad de generar ciudades más sustentables y resilientes, con una visión territorial y en relación con el medio construido y el medio natural. Si bien el cambio climático es algo inevitable, no significa que no se puedan generar proyectos que busquen mitigar y reducir el impacto de éste. El agua es un recurso natural que puede ser incorporado a la arquitectura no solo como un recurso estético, sino que, como un recurso funcional, en donde se puede colaborar con el ciclo del agua a través de adecuado planeamiento y diseño del agua. A través de un diseño urbano sensible al agua se puede mitigar los efectos que tendrá el cambio climático en la ciudad contemporánea, y por lo mismo puede asegurar la existencia de este recurso por un mayor tiempo (Rodríguez Rojas, 2020). Por esto la incorporación del tren debe ser utilizada como una oportunidad de generar un nuevo modelo de ciudad en donde se integra al agua como una capa más en diseño urbano.

Conformación urbana a partir de trazas agrícolas e hídricas

Hoy en día, Maipú se registra como la segunda comuna de Santiago con mayor cantidad de población, con 521.627 habitantes según el censo de 2017. Pero esto no siempre fue así. La comuna nace como un pequeño poblado agrícola ubicado en el sur-poniente de la ciudad, en un sector llamado Llanos de Maipú. Este sector fue utilizado durante la colonia por los españoles para el cultivo de viñas y granos, sumando alrededor de unos 3.000 a 5.000 habitantes. Posteriormente durante el año 1818 fue escenario de la Batalla de Maipú, en donde pelearon las tropas chilenas contra las tropas realistas y españolas, logrando el triunfo de las tropas chilenas con el uso inteligente y adecuado de la topografía del sector. En 1891 se crea la comuna bajo el mandato del presidente Jorge Montt. Desde ahí que la comuna se caracterizó por poseer un carácter agrícola siendo uno de los principales puntos de producción de bienes de consumo para la ciudad de Santiago, hecho que posteriormente se vería reforzado por la introducción de la línea de tren y su corredor industrial que transportaba materia prima y productos hacia y desde el puerto de San Antonio (Figura 14) (Maipú, 2015).

Hacia los años 1940 y 1950 el modo de expansión de la ciudad se caracterizó por la modalidad de la autoconstrucción, para luego durante los 1960 y 1970 se llevase a cabo la construcción de la vivienda a través de cooperativas. El problema que surge de esto es que no existía una norma que regulase el uso de los predios, por lo que la expansión de Maipú se basó en adición de parches de carácter primordialmente habitacional, que no destinaban espacios para equipamientos y servicios, que terminaron por concentrarse en el centro de la ciudad de Maipú, en su cruce fundacional que se genera en la intersección de la avenida Pajaritos y 5 de abril (Cárdenas, 1999). Esto se condice luego con las décadas de 1980 y 1990 que se caracterizaron por un gran crecimiento económico de Chile, en donde, por consiguiente, habría



Figura 14: Avenida Pajaritos con 5 de Abril desde la Capilla de la Victoria, 1930.
Fuente: Labatalla.cl, 2017.

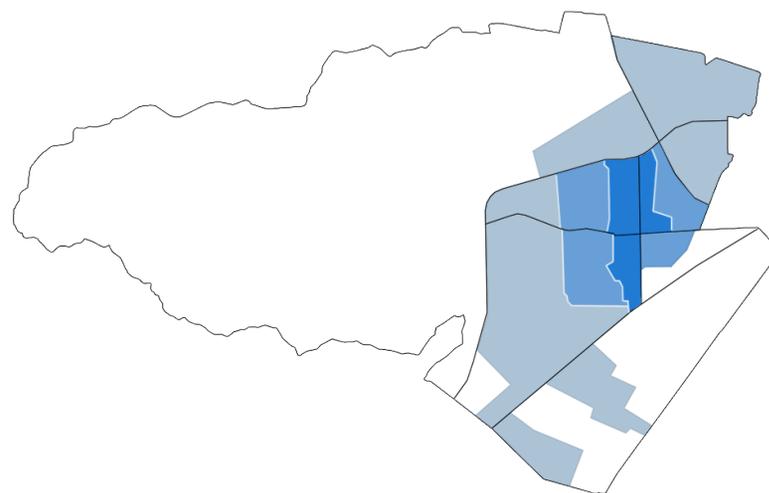


Figura 15: Expansión urbana de Maipú desde 1950 a 2015.
Fuente: Elaboración propia en base a Atlas de Maipú, 2015.

una gran demanda de vivienda. Para dar solución a esto, ya que el centro de la ciudad ya se encontraba construido, las autoridades optaron por la utilización de predios más baratos y grandes en la periferia de la ciudad, siendo uno de ellos la comuna de Maipú (Figura 15). Es solo a partir de 1994 y 2001 que se modifica el Plan Regulador Metropolitano que se les exige a las empresas urbanizadoras la inclusión de espacios públicos, áreas verdes y la construcción de equipamientos (Maipú, 2015).

Debido al carácter agrícola con el que contó Maipú en el pasado, podemos ver como su conformación urbana se ve condicionada por factores, que se encuentran intrínsecamente relacionados. La subdivisión predial de los grandes lotes de cultivos del periodo agrícola de la comuna se veía establecida principalmente a través de los canales de regadíos que se utilizaban para irrigar las cosechas. Esto debido a que Maipú se encuentra ubicado en una posición muy estratégica, que le entrega una ventaja para la producción agrícola. Se encuentra naturalmente en el trayecto de las aguas que fluyen desde el río Maipo hacia el río Mapocho. Esto quiere decir que los canales que solían cruzar los campos eran canales que extraían agua desde el río Maipo en el sector sur-oriente de la ciudad, para hacerla circular a favor de la pendiente en dirección nor-poniente. Estos canales luego de irrigar y regar las zonas de cultivos podían seguir su camino naturalmente hacia el río Mapocho completando así su ciclo natural. Adicionalmente la comuna es cruzada en el norte por el Zanjón de la Aguada, afluente que se encarga de recolectar aguas lluvias de otros sectores de la ciudad de Santiago para llevarlas hacia el río Mapocho (Figura 16).

Es por esto por lo que Maipú se caracterizó por ser una comuna agrícola, llena de canales y cuerpos de agua para recolección. En la medida en que la ciudad empieza a crecer, son los mismos canales los que empiezan a establecer por donde se trazarían las principales calles del Maipú actual. Antiguamente esto era una ventaja ya que el canal podía correr por un costado y podía ser utilizado para irrigar arboledas, además de seguir cumpliendo su función principal. Esto quiere decir

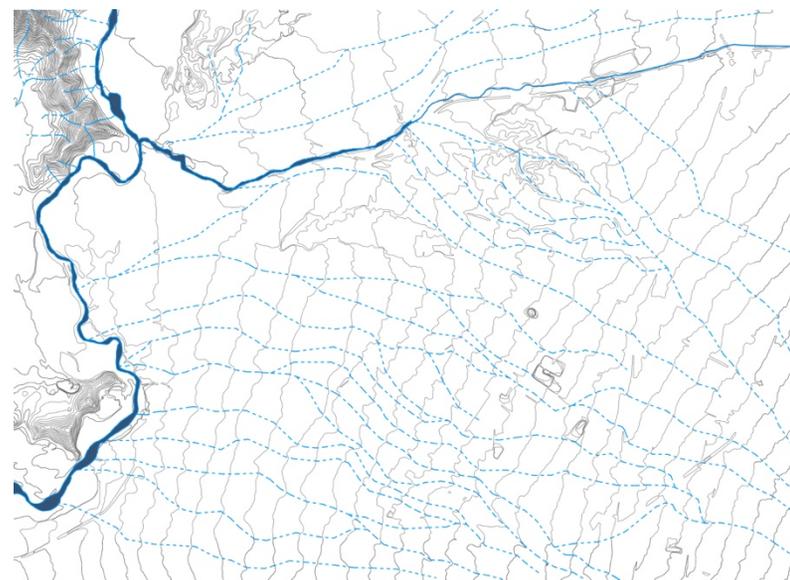


Figura 16: Cuenca hidrográfica de Maipú.

Fuente: Elaboración propia en base a análisis de cotas de nivel, 2020.

que su ciclo natural puede seguir normalmente. Esta característica se empieza a perder a partir de los años 1970, en donde como ya mencionamos, la comuna sufrió una gran expansión urbana sin regularización y sin visión de ciudad. Este modelo de expansión urbana trajo consigo la utilización de materiales que no tenían la capacidad de infiltrar el agua, como la tierra agrícola anterior. Materiales como el hormigón o el asfalto empezaron a ser cada vez más utilizados en la medida en que cada parche de vivienda era añadido. Este crecimiento se realizó principalmente hacia el poniente, modificando y a veces eliminando canales que solían irrigar los cultivos.

Si bien los canales y los predios agrícolas que solían ser inundados ya no existen en su mayoría en la comuna de Maipú, su trazado sigue siendo visible en el tejido urbano de la comuna actual. Estos canales funcionaban en relación con el territorio y hacían uso de la pendiente y la vegetación para dirigir y purificar el agua antes de ser depositadas en el río Mapocho, mientras que los predios agrícolas se encargaban de infiltrar y retener el agua de forma natural, drenándola a la tierra y así a las napas subterráneas que existen bajo la ciudad. En la medida en que la ciudad se posa sobre esta sensible estructura, la altera y la modifica para dar paso a lo que conocemos actualmente. Sin embargo, estas trazas agrícolas e hídricas del Maipú agrícolas siguen presentes y pueden ser utilizadas como estructura para la transformación de esta comuna. Podemos hacer uso de los aprendizajes que se obtuvieron en este periodo para así dar paso a una nueva oportunidad de generar una ciudad más sustentable, en relación con el medio ambiente y el territorio, recreando su funcionamiento a través de infraestructura verde, espacio público y la reconversión de sitios eriazos (Figura 17).

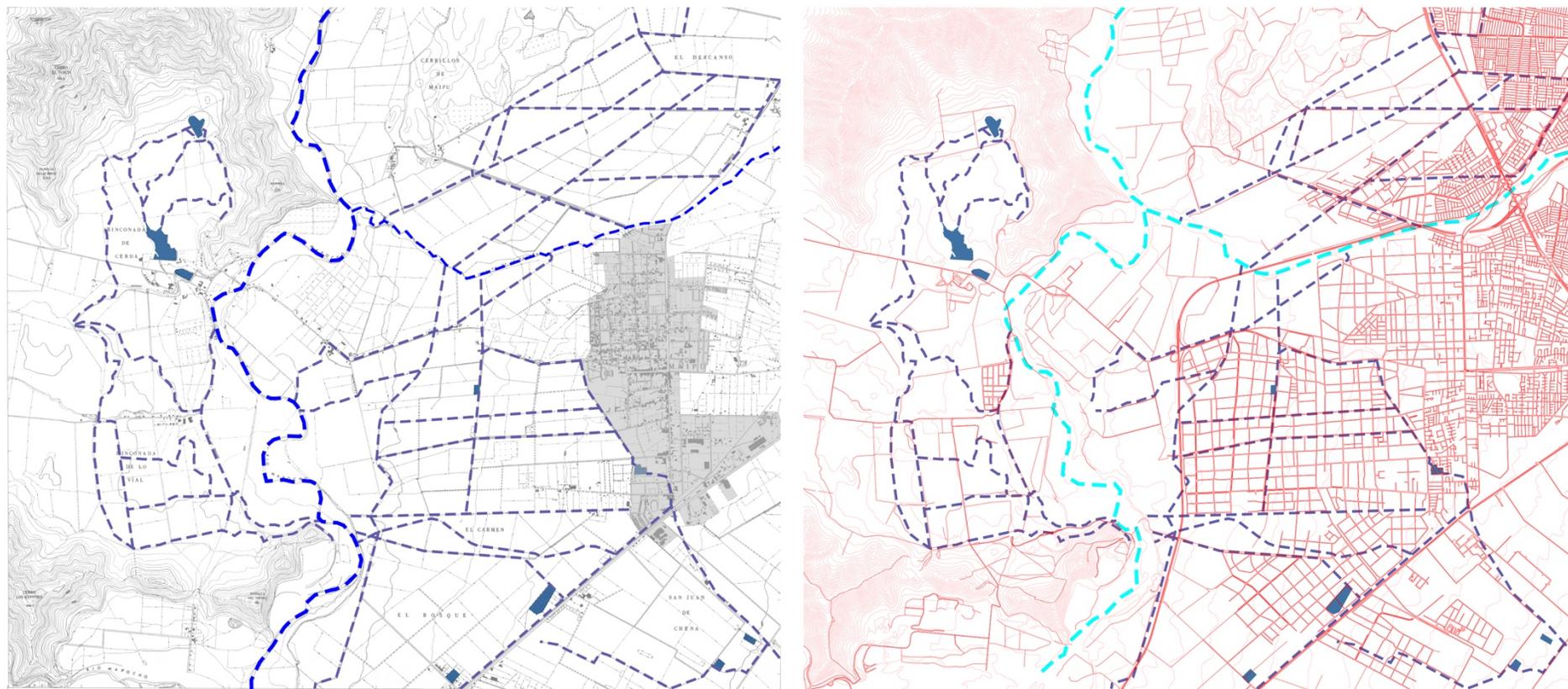


Figura 17: Comparativa entre trazado de principales canales de Maipú en 1960 (izquierda) y como su trazado persiste en el tejido urbano actual de Maipú (derecha).
Fuente: Elaboración propia en base a mapas del Instituto geográfico militar de Chile, "Avance topográfico del Gran Santiago" panel nº7, 1984.

Aprendizajes y oportunidades del manejo de aguas

A partir de este descubrimiento sobre el trazado urbano de Maipú y su relación con un pasado agrícola, que funciona en relación con el agua, se pueden extraer ciertas lecciones y aprendizajes que pueden ser utilizados para el desarrollo de un proyecto urbano de ecosistema sustentable que funcione en relación con el territorio y que además logre otorgar de servicios ecosistémicos a la comunidad.

Desde un punto de vista funcional, podemos destacar tres estrategias de manejo de agua que eran empleadas por los agricultores para la irrigación y producción de bienes de consumo (Figura 18). La primera estrategia es la de la infiltración. Definiremos infiltración como el proceso en el cual el agua penetra en el suelo a través de suelos permeables. Esto permite recargar napas subterráneas, regular la humedad ambiental y mantener flujos de agua de forma más natural. Para llevar a cabo este proceso de forma correcta, es necesaria la existencia de vegetación que logre dar porosidad y permeabilidad a la tierra, de esta forma la tasa de infiltración de la tierra sube. Cuando esta se satura de agua, se generan escorrentías superficiales, que se movilizarán dependiendo de la pendiente hasta encontrar un lugar donde sean dirigidas o almacenadas (Pérez, 2020).

La segunda estrategia reconocida es la de la retención. Definiremos la retención como el proceso en el que el agua se mantiene en la superficie por un período más extendido de tiempo, dando la oportunidad de que una parte de ella se evapore a la atmósfera y que otra parte sea lentamente absorbida por la tierra. Ayuda a que menos agua sea dirigida inmediatamente a canales de desagüe, y de la misma forma puede contribuir a la mantención de áreas verdes con especies que sobrevivan a este tipo de ambiente. Estas especies pueden al mismo tiempo tratar el agua, disminuyendo sus niveles de contaminación, ya que al escurrir superficialmente puede recoger contaminantes como petróleo o pesticidas (ibíd., 2020).

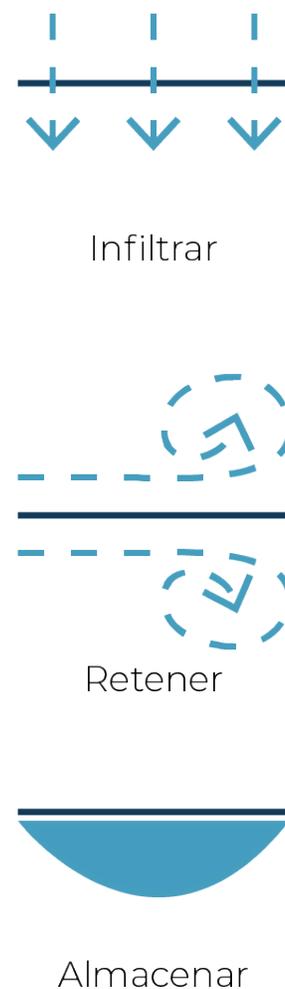


Figura 18: Representación esquemática de estrategias de manejo del agua.
Fuente: Elaboración propia, 2019.

La tercera estrategia recogida es el almacenamiento. Definiremos el almacenamiento como el proceso en que el agua es almacenada tanto en superficie como subterráneamente, con el fin de que esta pueda ser utilizada, o bien puede entregar un componente estético al espacio en el que se encuentra. Al igual que la retención, esta puede estar acompañada de vegetación que puede adaptarse a ambientes de esta característica, y al mismo tiempo logra disminuir la temperatura ambiente y a regular la humedad. Los agricultores del pasado y el presente entienden y hacen uso de estas herramientas y del ciclo natural del agua para obtener beneficios sin alterar su funcionamiento. Es cuando la ciudad entra en contacto con estos ambientes que la relación entre ciudad y territorio se vuelve más complicada, generando alteraciones en el ciclo del agua y el funcionamiento de canales y reservorios. El Maipú del pasado es uno que funcionaba en armonía con la naturaleza, era un ecosistema urbano en el cual ambas partes recibían beneficios. Ese equilibrio se ve roto y a través del proyecto urbano se puede reconciliar esa relación, generando una ciudad más resiliente, sustentable e inteligente.

Desde la arquitectura, el agua puede ser utilizada de varias formas. Una de ellas, es su cualidad paisajística. El agua rápidamente dota a los espacios de una estética distinta, en donde lo artificial entra en la relación con lo natural. Para espacio públicos, el agua resulta ser una buena herramienta para generar ambientes más dinámicos e interesantes. El ser humano es una especie que se guía por sus sentidos y por lo mismo, entrar en interacción con el agua siempre le es llamativo (Figura 19). Esto se debe quizás a una condición primordial del agua, la cual es dar vida. Los espacios con agua son más propensos a albergar vegetación que otorga color y naturalidad. De la misma forma el agua puede generar espacios de introspección y calma. Esto se puede regular a través de los materiales utilizados para su flujo. Es ahí donde se puede buscar el equilibrio entre elementos naturales y artificiales que generen atmósferas únicas. Esto actúa en varias escalas en donde se le puede dar diseño a una gran cuenca o río, hasta el detalle



Figura 19: Recuperación del río Cheong Gye Cheon en Seoul, Corea del Sur.
Fuente: Didacticdiscourse.wordpress.com, 2012.

de cómo un recubrimiento de suelo escurre el agua hacia un jardín de agua o semejante. De esta forma se puede empezar a operar en, alrededor o a través del agua.

Otra cualidad del agua es su cualidad funcional, que se rescata de su uso agrícola. En un entorno urbano, que suele ser seco e impermeable, la existencia de agua logra reducir islas de calor, y al mismo tiempo puede ser incorporada a jardines y huertos urbanos. De esta forma, a escala local el agua caída en forma de lluvia en una casa o edificios puede ser reutilizada para la irrigación y riego de ésta. Mientras que, a escala urbana, se puede utilizar la escorrentía de las calles para irrigar áreas verdes y espacio públicos que actualmente pueden verse mal mantenidos debido a la escasez hídrica y el aumento de la temperatura ambiental. Así la arquitectura y el proyecto urbano llegan como la herramienta para reconciliar al ciudadano contemporáneo con la naturaleza y el territorio.

4 Maipú actual: inundación y escasez hídrica

Inundaciones y su relación con el pasado

Como vimos en el capítulo anterior, el trazado urbano del Maipú contemporáneo está intrínsecamente relacionado a sus trazas agrícolas y a los flujos hídricos que solían correr por los campos de cultivo. Estos canales se encargaban de llevar agua desde el río Maipo hasta el río Mapocho, dándole a Maipú una posición estratégica en cuanto al camino que debían seguir estos flujos. Los principales flujos hídricos de la comuna en 1960 que se encargaban de irrigar los cultivos corresponden con algunas de las calles y avenidas de Maipú actualmente. Es decir que el tejido urbano de Maipú tiene sus inicios en sistemas naturales que hoy en día han sido alterados, provocando inundaciones, desbordes y anegamiento, tanto en el espacio público como en el privado (Figura 20).

A partir del año 1970, Maipú se vio enfrentado a un proceso de expansión urbana, detonado principalmente por la introducción de industrias a lo largo de Camino a Melipilla y la línea de tren hacia San Antonio. La introducción de este cordón industrial trajo consigo un requerimiento de vivienda para los obreros que trabajaban en él (Castillo, 2010). Esto produjo que sitios que hasta la fecha eran agrícolas, pasaran a ser barrios para los obreros de estas industrias. Al mismo tiempo, esto produjo la modificación de los cauces y flujos que cruzaban la comuna para riego, desviando, alterando o eliminándolos para dar paso a la urbanización. En tan solo 10 años, la población de Maipú pasó de 6,800 a casi 50.000 habitantes (Maipú, 2015). Así, una comuna que se caracterizaba por ser agrícola se convirtió en uno de los focos industriales de la ciudad de Santiago. La modificación del paisaje productivo de la comuna para dar paso a la urbanización, trajo consigo el mal funcionamiento de los sistemas naturales de riego de la comuna. Hoy en día, Maipú cuenta con unos 520.000 habitantes (INE, 2017), posicionándose como la segunda comuna más poblada de Santiago,

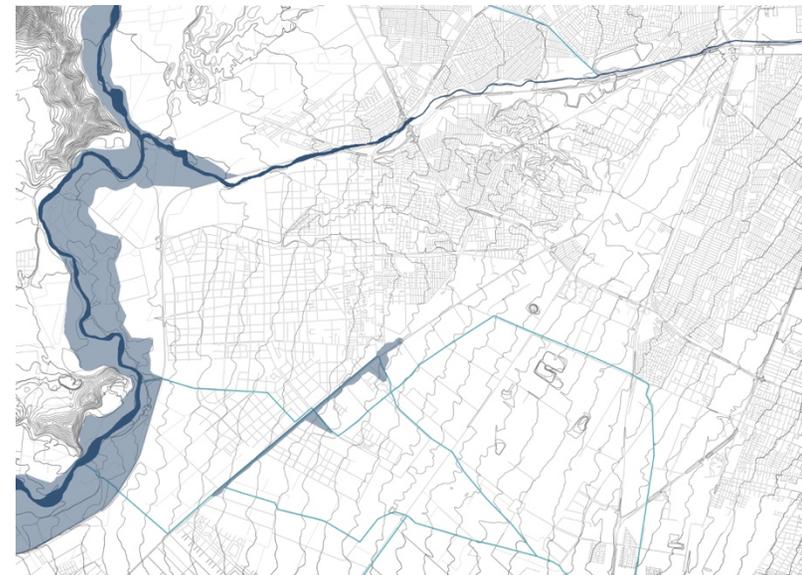
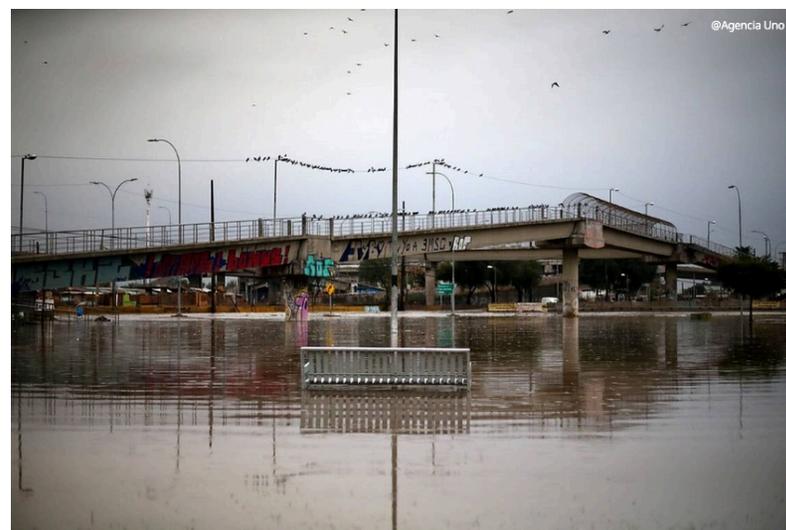


Figura 20: Zonas de riesgo de inundaciones de Maipú.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

siendo Puente Alto la primera con alrededor de 625.000 habitantes (ibid.,2017). Además de esto, la modificación del PRMS 100 trae consigo la expansión del área urbana de Maipú hacia el poniente hasta el río Mapocho. Esto no solo traerá consigo la urbanización de más áreas agrícolas, si no que también sus sistemas de canales y acequias que irrigan los cultivos. Estos factores terminan por alterar completamente el funcionamiento de este sistema.

En la medida en que estos sistemas se ven alterados, se empiezan a producir los problemas que hemos identificado previamente. Maipú actualmente se encuentra contenido alrededor de infraestructuras de transporte, siendo éstas mismas una de las mayores barreras para el funcionamiento correcto del sistema de canales que cruzan la comuna. Prueba de esto es ver como los focos de inundaciones suelen concentrarse alrededor de estas infraestructuras, siendo uno de los más importantes el que se produce en Camino a Melipilla desde el sector de la calle Pajaritos hasta el barrio de Ciudad Satélite. Este sector y sus zonas inmediatas suelen ser víctimas de inundaciones del espacio público cada vez que hay algún episodio violento de precipitaciones. Estas inundaciones traen consigo la degradación del espacio público y el anegamiento de casas alrededor de esta vía (Figura 21). Como hemos mencionado antes, la expansión urbana trajo consigo la introducción de materiales como el hormigón y el asfalto. Esto reduce la capacidad del suelo de infiltrar el agua lluvia, haciendo que esta deba ser manejada solamente a partir de los sistemas de drenaje. Estos sistemas se encuentran hechos a partir de modelos y estadísticas, pero estos no consideran el agua que pueda salir de los canales una vez que se desbordan. Por esto terminan colapsando y no evacuando el agua. Es decir que la alteración de los sistemas de riego del pasado agrícola de Maipú, a partir de la expansión urbana y la introducción de industrias e infraestructuras de transporte, han terminado por generar la degradación del espacio público de esta zona. La desvalorización del espacio público suele traer consigo la pérdida de identidad y de relación con esos espacios. En el caso de Maipú, genera la aparición de micro-basurales entorno a la línea del tren y en los canales de riego, además



*Figura 21: Inundación intersección eje Pajaritos con Camino Melipilla.
Fuente: 24 horas.cl, sin fecha.*

de aparecer en varios terrenos eriazos dentro de la comuna. La degradación trae consigo más degradación, produciendo un círculo vicioso que termina por generar espacios que no perdurarán en la memoria de la comunidad (Figura 22).

El proyecto urbano puede ser la oportunidad de traer un nuevo significado y valor a estas zonas degradadas, utilizando conceptos como la infraestructura verde para darle un equilibrio a la interacción entre elementos como el agua, el espacio público, la movilidad y la biodiversidad. A través de esto podemos generar una relación virtuosa entre el hombre y la naturaleza, construyendo un ecosistema urbano sustentable y resiliente. La introducción del proyecto de la línea de tren Alameda-Melipilla puede ser la oportunidad de restablecer esta relación, otorgándole un espacio a la naturaleza dentro de una comuna degradada. A través de este proyecto se puede restablecer las relaciones entre la comunidad y el agua, generando espacio para la recreación y el deporte, además de generar diversos servicios ecosistémicos.



Figura 22: Micro-basurales junto a línea de tren y canal en Camino Melipilla sector de Ciudad Satélite.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Escasez hídrica y sus efectos en el espacio público

Durante el año 2020, Maipú pasó a ser parte de las comunas decretadas con estado de emergencia por escasez hídrica, junto a otras comunas periféricas como Quilicura, San Bernardo, entre otras (Gobierno de Chile, 2020). En el mismo decreto se asegura que la zona central de Chile está pasando por una de las mayores sequías de los últimos 60 años, con un déficit de precipitaciones aproximado de 70%. Siendo Maipú una comuna que en el pasado se caracterizó por estar poblada de canales y acequias, hoy en día es azotada por los efectos del cambio climático. Los efectos se hacen ver en varias áreas, como la agricultura, la ganadería, la mantención de áreas verdes y también en el consumo humano de este bien tan necesario.

A pesar de que el cambio climático es un proceso natural de la tierra, no cabe duda de que el hombre ha acelerado su desarrollo en los últimos años. En ese sentido, podemos reconocer algunos problemas presentes en la comuna de Maipú. En un informe de Dirección General de Aguas del año 2015, se hace referencia a algunos de ellos. El accionar de industrias de extracción de áridos se han encargado modificar y alterar el curso normal del río Mapocho en la zona sur de la comuna. Esto termina por dificultar la distribución del agua hacia los canales de riego, además de modificar por completo el hábitat de las especies animales y vegetales que cohabitan en ribera del río (Dirección General de Aguas, 2015). Por otro lado, la aparición constante de industria a lo largo de Camino a Melipilla, además de producir gases de efecto invernadero que disminuyen las posibilidades de precipitaciones, colaboran en la presencia de islas de calor dentro de la comuna. Al mismo tiempo contribuyen a la contaminación de las napas subterráneas (ibid.,2015). Otro aspecto que preocupa es la contaminación de los cauces que cruzan la comuna, tanto del río Mapocho como el Zanjón de la Aguada, siendo las riberas de este último utilizadas como basurales informales (Figura 23).



*Figura: 23: Ribera del Zanjón de la Aguada, sector Estación Central 2.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

Por otro lado, según las mediciones de la Dirección General de Aeronáutica Civil, la estación de medición ubicada en Pudahuel acumuló alrededor de unos 117 mm de precipitaciones durante el año 2018 y 47 mm durante el año 2019, muy por debajo de promedio entre 1960 y 1990 que alcanzó los 260 mm (Figura 24). Esto expresa el déficit de entre 55% y 82% respectivamente. Adicionalmente, los últimos años se han registrado como uno de los años más calurosos del último siglo. Entre noviembre de 2018 y marzo de 2019, Santiago registró 9 olas de calor con temperaturas máximas superiores a los 35°C (Dirección General De Aeronáutica Civil, 2019). Esto tiene efectos en el mantenimiento del espacio público, en especial de sus áreas verdes y jardines. Las temperaturas alcanzadas son muy altas, lo que genera mayores requerimientos hídricos, mientras que, al mismo tiempo, durante los meses más fríos, la lluvia no es suficiente para mantener los espacios públicos. Esto genera la necesidad de utilizar agua potable para el riego de estas áreas. Maipú es una comuna que cuenta con un servicio municipal de distribución de agua potable a cargo del Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Maipú (SMAPA), que además de distribuir agua potable para los habitantes de la comuna, se asegura del riego de las áreas verdes de la comuna. Según la página del SMAPA estas áreas verdes son regadas con agua extraída de napas subterráneas, al igual que la que se ocupa para abastecer al resto de la comuna.

En la actualidad, la normativa chilena define las áreas verdes como “superficies de terreno destinadas preferentemente al esparcimiento o circulación peatonal, conformada generalmente por especies vegetales y otros elementos complementarios” (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, Art. 2.1.31) (Ministerio de vivienda y urbanismo, 2018). A través de esto podemos entender como se reconocen los parques urbanos. Pero al mismo tiempo, esta definición también contempla rotondas, bandejonas, jardines y pequeñas plazas. No define una cantidad mínima de vegetación, por lo que una explanada pavimentada con unos cuantos árboles es considerada área

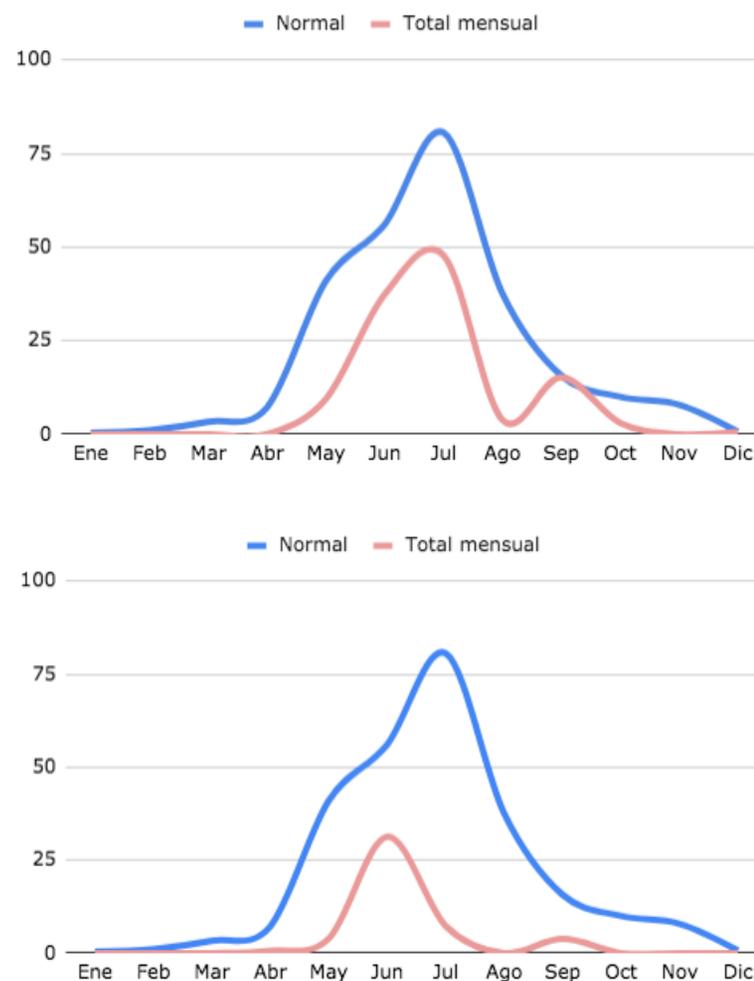


Figura 24: precipitaciones mensuales 2018 y 2019 respectivamente, y normal promedio de los últimos 30 años.

Fuente: Elaboración propia en base a Informe anual de agua caída, estación Pudahuel, 2018 y 2019.

verde. Muy por el contrario, un humedal, con todas sus cualidades vegetales y animales, no es considerado como área verde, considerando que tiene una mayor cobertura vegetal y un mayor potencial de prestar servicios ecosistémicos (Reyes, Barbosa, Celis-Diez & De La Barrera, 2018).

A partir de los tres puntos expresados anteriormente, podemos empezar a denotar el problema que traerá la escasez hídrica y la sequía. En la medida en que el promedio anual de precipitaciones empiece a disminuir, hará que cada vez haya menos agua disponible en las napas subterráneas. Las temperaturas continuarán subiendo a lo largo de los años, reduciendo también la cantidad de agua que puede ser captada por los suelos ante eventos de precipitaciones. Sumado a esto, el hecho de que la ciudad se continúe expandiendo reducirá el área de tierra capaz de infiltrar agua a la tierra, además de aumentar los niveles de consumo de agua al incorporar nuevos habitantes, reduciendo al mismo tiempo, la cantidad de área disponible para la agricultura. De la misma forma, esto requeriría la entubación de canales que hoy corren en la superficie. Esto puede perjudicar su funcionamiento, generando posibles desbordes e inundaciones en zonas recién establecidas como urbanas. La sequía y la escasez hídrica, además de la expansión urbana, tiene efectos no solo en el espacio público, sino que afecta el funcionamiento de los sistemas naturales, que a la vez altera el comportamiento y el hábitat de las especies que habitan esta comuna. Ejemplo de eso es el ex humedal El Pajonal, ubicado entre la línea de tren y la avenida Lumen. Mientras hoy es ocupado como un vertedero informal y lugar para tomas y autoconstrucciones, solía estar dotado de fauna y flora (Figura 25 y 26).



Figura 25: Extracto de plano histórico de Maipú, mostrando el humedal (azul), junto a la línea del tren (rojo).

Fuente: Extracto mapa: "Maipú", Instituto Geográfico Militar, sin fecha.



Figura 26: Ex humedal El Pajonal.

Fuente: Nicole Sepúlveda en lavozdemaipu.cl, 2018.

Sitios eriazos como oportunidad de proyecto

El punto anterior nos lleva a otro problema existente hoy en día en la comuna de Maipú, el cual deriva de la expansión urbana no planificada y del carácter rural que tuvo la comuna en el pasado. Este problema es el de los sitios eriazos, y al igual que el resto de los puntos antes expresados, bajo el marco del proyecto urbano, estos se convierten en oportunidades. Tienen el potencial de convertirse en nuevos subcentros urbanos, en desarrollos inmobiliarios sustentables, en nuevas áreas verdes. Estos pueden empezar a suturar y dar orden a las áreas verdes ya existentes en la comuna, mientras al mismo tiempo tienen la capacidad de entregar un equilibrio entre conceptos como el agua, el espacio público, la biodiversidad y la movilidad urbana (Figura 27).

Como mencionamos anteriormente, la trama urbana de Maipú deriva de los flujos hídricos y de las trazas agrícolas de su pasado, configurando hoy en día un tejido urbano que sigue obedeciendo a aquellas lógicas. Debido a esto, y en relación con la falta de planificación urbana de la comuna, la expansión urbana de Maipú a lo largo de los años se ha hecho a modo “*parches*”, en donde no se logra dar unidad a los espacios públicos y trama urbana (Cárdenas, 1999). Por lo mismo, la expansión de Maipú se ha realizado a partir de grandes paños de urbanización, en donde prima el uso residencial, sin el desarrollo de equipamientos ni de servicios, ocasionando que aquella población deba movilizarse al centro de la comuna para poder acceder a estos usos. Esto además de ocasionar congestión en el centro, deriva en el traslado de múltiples personas a través de las principales avenidas, como la avenida Pajaritos, avenida 5 de Abril, 3 y 4 Poniente, entre otras. Las zonas entre aquellas avenidas suelen carecer de estructura global, ocasionando que Maipú presente una forma urbana caótica, donde cada uno de los tramos de expansión instaura su propia lógica estructural (ibid.,1999). Una de las consecuencias de esto es la aparición de sitios eriazos, zonas de la ciudad que, por razones múltiples, no fueron urbanizadas, para quedar insertas

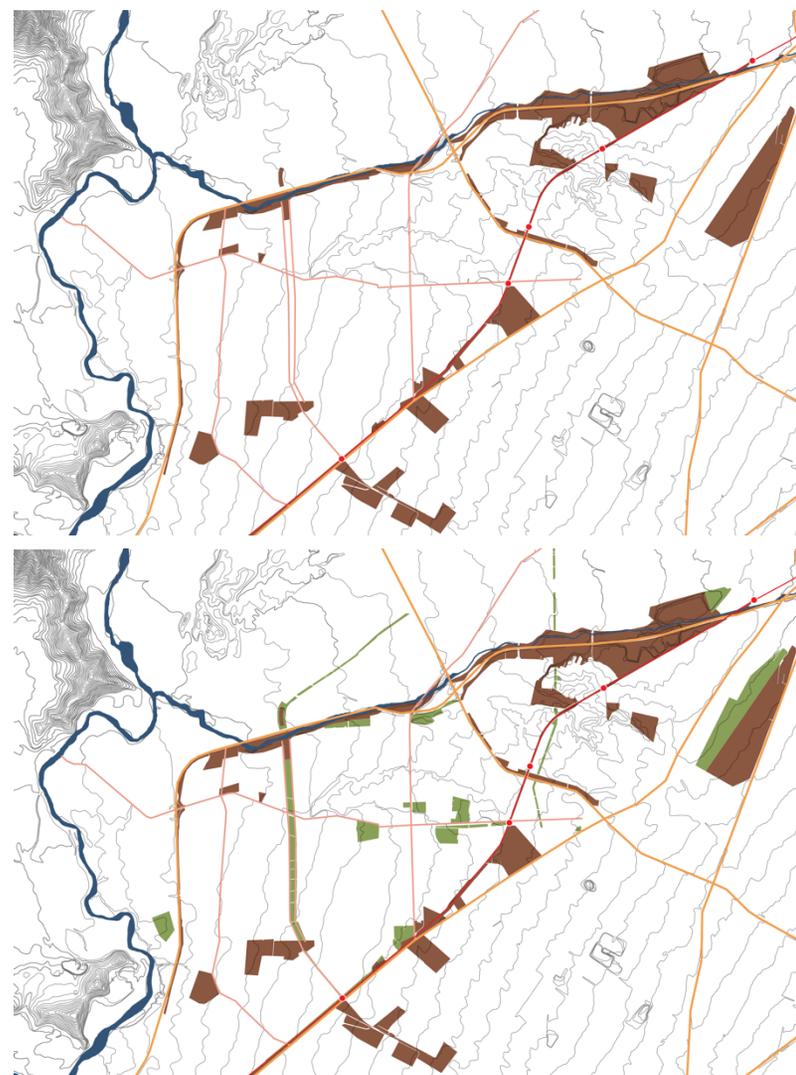


Figura 27: Principales sitios eriazos y su relación con las principales áreas verdes de la comuna de Maipú.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

dentro de la ciudad, promoviendo la aparición de vertederos, tomas informales, etc.

A lo largo de Maipú podemos observar la existencia de una gran cantidad de sitios eriazos, que varían mucho en forma y tamaño. Podemos identificar como estos suelen estar en relación con la periferia de la comuna, en donde podemos evidenciar tres límites claros. Dos de ellos son de carácter natural, correspondiendo con el Zanjón de la Aguada y el río Mapocho. El tercero es de carácter artificial y corresponde a la línea de tren Alameda-Melipilla. Estos límites son los que ocasionan que la comuna continúe su expansión hacia el poniente, poniendo en peligro las áreas agrícolas que hoy operan ahí, y que se encargan de la producción de bienes de consumo para la comuna, y el resto de la ciudad. Como mencionamos anteriormente, estos sitios eriazos son utilizados en muchas oportunidades como vertederos, tomas informales, micro-basurales, lo cual ocasiona uno de los fenómenos ya descritos, en donde la aparición de este tipo de degradación del espacio trae consigo la pérdida de identidad por parte de la comunidad. Solo por mencionar algunos ejemplos, podemos describir brevemente la condición de tres sitios eriazos insertos de la trama urbana de Maipú.

El primero es el sitio de la Ex Fisa. Este se encuentra en relación con la línea de tren, en el cruce de ésta con la avenida 5 de Abril. Como lo indica su nombre, corresponde al sitio utilizado antiguamente para la Feria Internacional de Santiago. Esta fue inaugurada en 1962 y fue cancelada en el año 1998. En esta feria se expusieron los adelantos tecnológicos provenientes del resto del mundo, dándole la oportunidad a las empresas chilenas de generar contratos con aquellas empresas extranjeras (FISA S.A., n.d.). Su posterior desmantelación derivó a lo que es hoy, un terreno sin uso, en relación con el tren y Camino Melipilla. Alberga una tienda de artículos de construcción Easy, perteneciente a la empresa Cencosud. Cuenta con un área aproximada de 35 hectáreas. El segundo es aquel mencionado anteriormente, correspondiente al ex humedal El Pajonal. Este se encuentra en relación



Figura 28: sitios eriazos de Maipú: Ex Fisa, Ex humedal El Pajonal y extracción de áridos de Lo Errazuriz.

Fuente: Elaboración propia en base a google.maps.com, 2019.

con la línea de tren, posicionándose entre ésta y la avenida Lumen. Como lo indica su nombre, solía albergar un humedal que gozaba de una fauna y una flora poco usual dentro de la comuna. La urbanización y el cambio climático, sin embargo, han tenido efectos negativos en él, ocasionando su desaparición. Hoy en día es utilizado como vertedero informal, sitio para tomas irregulares, principalmente de grupo sociales de bajo recursos. Cuenta con una topografía poco habitual al haber sido constituido como un humedal, por lo que cuenta con grandes pendientes. Cuenta con un área aproximada de 14 hectáreas. El tercero es el sitio de extracción de áridos Lo Errázuriz, que se encuentra en la convergencia de la línea de tren y la Autopista del Sol, a un costado del Zanjón de la Aguada. Como lo indica su nombre es un sitio que hoy en día es utilizado para la extracción de áridos, principalmente de arena y arcilla (Narváez & González, 2015). Este proceso ha terminado por reconfigurar lo que era una de las riberas del flujo hídrico. Esto se ve empeorado por la construcción de la autopista. Cuenta con un área aproximada de 75 hectáreas (Figura 28). Estos son tres de los sitios eriazos más grandes que existen hoy en día en Maipú, pero es importante destacar la existencia de una gran cantidad de sitios eriazos más pequeños dentro de la comuna. Entre ellos podemos mencionar aquellos en la intersección entre la avenida Pajaritos y la línea del tren, la intersección de ésta con la autopista Américo Vespucio, los sitios intersticiales entre la Autopista del Sol y el Zanjón de la Aguada, además de la franja sin uso que hay alrededor de la línea de tren en todo su largo (Figura 29).

La relación entre estos sitios y las áreas verdes ya existente, soportados por avenidas de infraestructuras verdes, puedan empezar a armar lo que en el siguiente capítulo definiremos como ecosistema urbano sustentable. Un sistema en donde existe una relación de equilibrio y virtuosa entre lo artificial y lo natural, entre el hombre y el territorio.



*Figura 29: Faja vía del tren Alameda-Melipilla y espacio en desuso a su alrededor. Sector 3 Poniente y Américo Vespucio respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2019.*

5 Ecosistemas urbanos sustentables a través de infraestructura verde

Ecosistemas urbanos y sus definiciones

Para empezar a definir el proyecto urbano que podría implementarse en Maipú, es necesario primero dar cuenta de aquellas estrategias o conceptos por los cuales éste se regirá. Los ecosistemas urbanos y la infraestructura verde son conceptos ampliamente usados en la teoría y en la práctica del proyecto urbano y en la arquitectura del paisaje. Y por lo mismo, suelen tener variadas definiciones. Es por esto, que es necesario acotar el estado de arte de estos conceptos y describir cómo serán utilizados en el desarrollo del proyecto urbano. Para empezar, veremos las definiciones de los ecosistemas urbanos, por qué deben tener características sustentables o resilientes y por qué sería importante su implementación en Maipú.

El concepto de ecosistema nace del estudio de la ecología, en donde lo podemos definir como un conjunto de especies y su hábitat no-biológico, que trabajan en conjunto para soportar la vida (Moll & Petit, 1994). Por lo mismo, los límites entre ecosistemas suelen ser difusos, y tienden a mezclar e interactuar entre sí. Entonces, podemos definir un ecosistema urbano como aquel donde ocurre una estrecha relación entre lo previamente existente, que sería la naturaleza o el territorio, y lo construido por el hombre (Amaya, 2005). En el caso de Maipú, esta relación es importante debido al carácter agrícola que tiene la comuna. Al contar con grandes áreas de producción de bienes hacia el poniente de las zonas urbanizadas (Figura 30).

A pesar de esto, todas las ciudades podrían ser definidas como un ecosistema urbano. La diferencia radica en que, para este proyecto se busca que la relación entre el territorio y el hombre sea equilibrada. En el caso de Maipú, al tratarse de una comuna periférica, la expansión urbana se ha encargado de desequilibrar esta relación, poniendo en

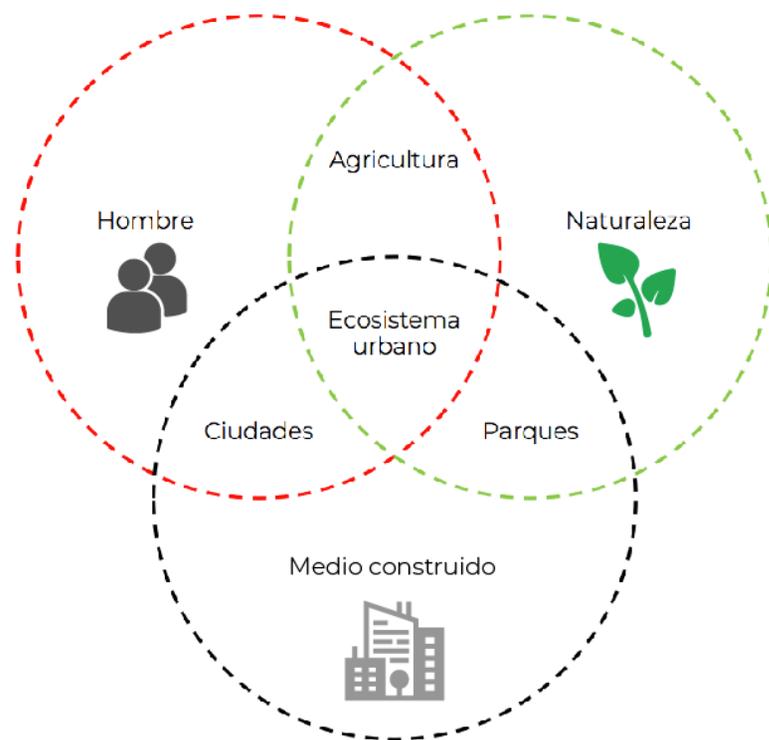


Figura 30: Esquema de un ecosistema urbano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

peligro a especies vegetales y animales, además de reducir cada vez más el área disponible para la agricultura. Además, este proceso de expansión urbana compromete la conectividad entre la población y sus áreas verdes naturales, al aislarlas dentro del tejido urbano (Barrios, 2012). Concretamente en Maipú, por ejemplo, la alteración de los cauces y canales, que la cruzaban anteriormente, sin respetar áreas inundables ni la vegetación de ribera, que suelen actuar como freno para las crecidas, ha derivado en la entubación o canalización de estos cauces. Esto además de generar los efectos que ya describimos, como inundaciones, disminuyen la capacidad del agua de generar los beneficios que trae para el bienestar humano, como la regulación de temperatura, la irrigación de vegetación, etc (ibid., 2012). Por lo que se busca que este proyecto urbano busque generar un ecosistema urbano sustentable y resiliente.

Definiremos sustentabilidad en términos arquitectónicos, como la capacidad que tiene el proyecto de arquitectura de actuar de forma sostenible, buscando optimizar el uso de los recursos naturales y de la edificación, con el objetivo de disminuir el impacto ambiental de los edificios en el territorio (Moreno, 2008). Esta característica es importante ya que definirá un enfoque para el proyecto, en donde pone especial énfasis en generar una relación de retroalimentación entre el medio natural y el medio construido, en donde ambas partes logran obtener beneficios. La ciudad podría ser considerada como un ser vivo y por lo mismo deben establecerse relaciones equilibradas. De lo contrario, el uso irregular de recursos y espacio puede traer consecuencias para el desarrollo correcto de la ciudad (ibid., 2008).

Al mismo tiempo, el concepto resiliencia, que también deriva de ecología, lo definiremos en términos arquitectónicos como la capacidad que tiene el proyecto urbano de resistir frente a adversidades como grandes exigencias y presiones, mientras al mismo tiempo tiene la capacidad de reconstruirse creativamente transformado lo que eran aspectos negativos en nuevas ventajas y oportunidades (Moreno, 2013). Esto quiere decir que el proyecto de arquitectura debe tener la

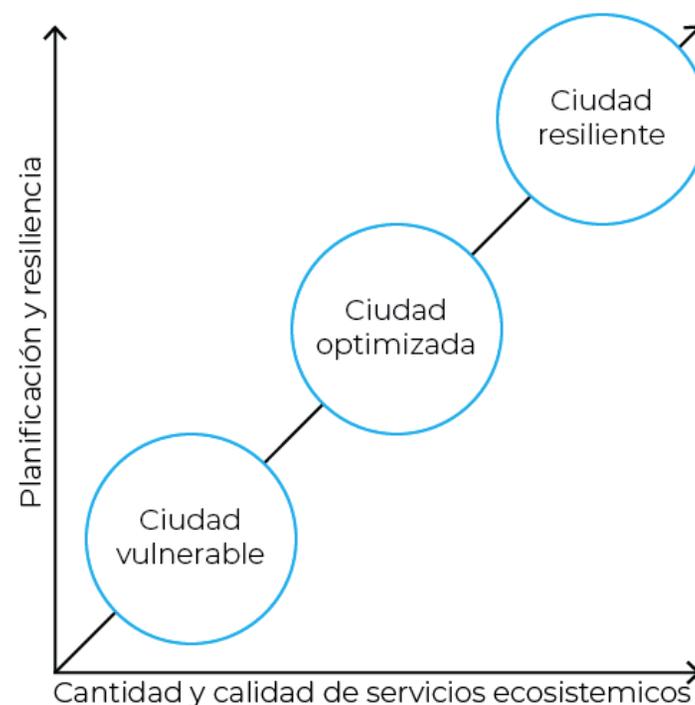


Figura 31: Relación entre la planificación urbana y la resiliencia, y la cantidad de servicios ecosistémicos presentes en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia en base a McPhearson, Andersson, Elmquist y Frantzeskaki, 2014.

capacidad de adaptarse, de cambiar y contar con un nivel de flexibilidad suficiente como para poder actuar de distintas formas ante distintos riesgos. Ello lo diferencia del concepto de estabilidad, en donde este último, requiere de volver al estado inicial antes de la adversidad (ibid., 2013).

La incorporación de estos conceptos en el proyecto urbano logrará que este pueda contar un enfoque integral, en donde se busca recuperar el equilibrio que existía previamente en la comuna de Maipú. Equilibrio en donde los agricultores ocupaban los recursos naturales para su beneficio, sin distorsionar los ciclos de estos. Se busca entonces reinsertar aquellas lógicas en la ciudad contemporánea. Para esto se hará uso de la infraestructura verde y su capacidad de entregar servicios ecosistémicos a la comunidad, utilizando el recurso natural del agua para irrigar áreas verdes y disminuir la temperatura ambiente. Además, se buscará que el proyecto tenga la capacidad de emplear medidas de mitigaciones para episodios de precipitación violentos, utilizando aquella agua como un recurso paisajístico y productivo. Esto dotará al espacio público de una nueva dimensión y de un nuevo material. Una ciudad en donde se tiene una relación mucho más cercana y equilibrada entre el territorio y el hombre (Figura 31).



Riberas intervenidas y desprotegidas



Límites urbano/rural nocivos



Áreas verdes escasas y mal mantenidas



Centro congestionado y poco verde



Sitios eriazos de gran tamaño

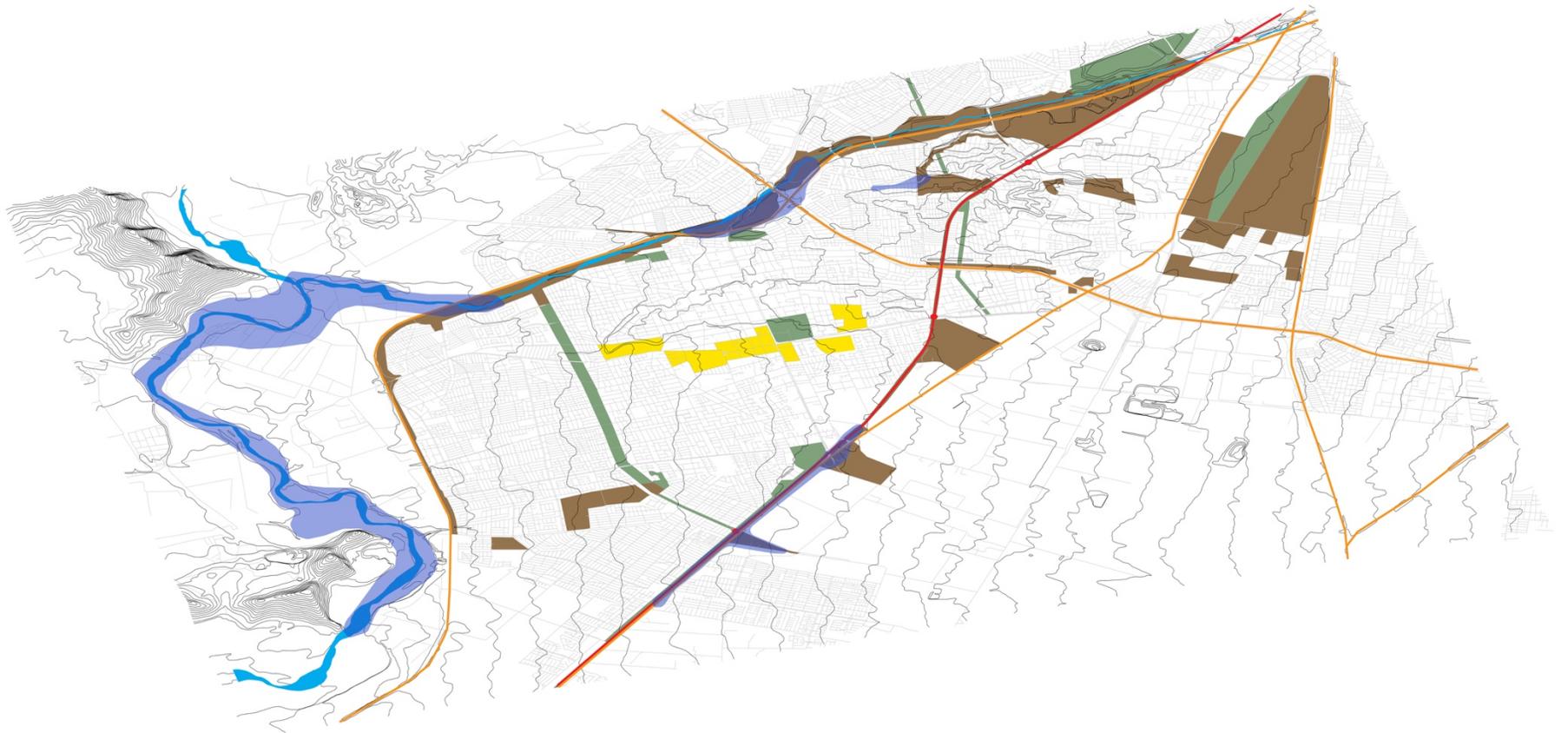


Figura 32: Ecosistema urbano fuera de equilibrio. Isométrica de levantamiento de principales problemas urbanos detectados en Maipú.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Infraestructura verde como tejido urbano

Para efectos de esta investigación aplicada, es necesario definir el marco conceptual dentro del cual se encuentra. Además de los conceptos anteriormente explicados de sustentabilidad y resiliencia aplicados al ámbito urbano, definiremos el concepto de infraestructura verde, entendiéndolo a grandes rasgos como el equilibrio entre 4 conceptos principales: espacio público, bio-diversidad, movilidad y agua. Como se ha descrito previamente, se debe entender la ciudad como verdaderos ecosistemas, dinámicos y variables, capaces de adaptarse y cambiar que, al mismo tiempo, cuentan con una gran cantidad de capas y enfoques que deben trabajar de forma conjunta (Figura 33).

Tradicionalmente, las infraestructuras se piensan como grandes obras de ingeniería, que cuentan con un carácter mono-funcional. Es decir, es decir que solo pueden habitar en ellas una función a la vez, y al mismo tiempo, esta sola función determina su envergadura y diseño. Debido a esto, su integración entre y con el territorio suele ser compleja o inexistente. Estas infraestructuras *grises* pueden ser de transporte, de distribución de servicios, sociales o comerciales, y se caracterizan por su elevado costo y rigidez, sus elevadas necesidades energéticas y su gran impacto medioambiental (Magdaleno, 2017). Desde la perspectiva del agua, para Foster (2011), las infraestructuras grises que manejan este recurso en la ciudad son estructuras de almacenamiento, como embalses o lagunas, y estructuras de conducción, como tuberías y canales. Estas estructuras son utilizadas para la gestión de aguas residuales o pluviales, y suelen estar construidas de materiales como hormigón o acero. Bonifacio Fernández (2004) al respecto determina que debe haber un cambio de paradigma en lo que concierne a tratamientos de las aguas en las ciudades. La urbanización de cuencas hidrográficas trae consigo el aumento de la frecuencia y magnitud de los caudales recibidos por estas infraestructuras, como resultado de la impermeabilización del suelo y la modificación de los patrones de drenaje, que a la vez son reemplazados con elementos cuyo objetivo es

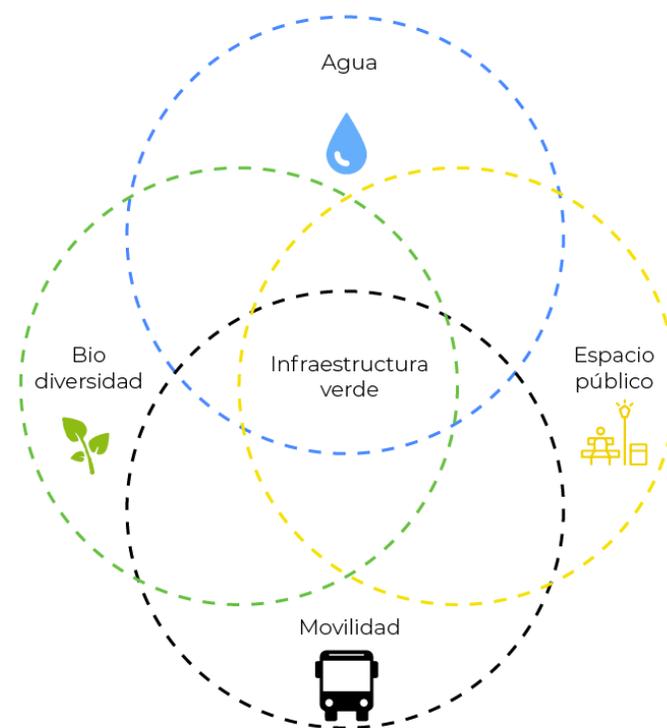


Figura 33: esquema conceptual de las Infraestructuras Verdes.
Fuente: Elaboración propia en base a Suárez, 2011.

drenar el agua de la forma más rápida posible. Son estas infraestructuras, entre otras, las que terminan por fallar y ocasionar las inundaciones que ocurren en Maipú y muchos otros lugares de Santiago y Chile. Por esto mismo, es importante cuestionar el funcionamiento tradicional de estas y crear infraestructuras que puedan soportar múltiples funciones y que logren unir al hombre y el territorio.

Actualmente, se está poniendo en duda la relación que existe entre las infraestructuras y los espacios públicos. Mientras que anteriormente se pensaba en ellos como usos distintos, y que por lo tanto debían existir en espacios distintos, actualmente los límites entre arquitectura, infraestructura, paisaje y espacio públicos empiezan a diluirse, y se reduce la noción de la arquitectura como un objeto aislado al territorio en donde se inserta (Santos, 2011). Esta disolución de fronteras conceptuales pone en discusión el rol de las infraestructuras en nuestras ciudades, y al mismo tiempo, nos da la oportunidad de complementar la definición tradicional de infraestructura, e incorporar aspectos como el espacio público, territorio y paisaje. En esta frontera conceptual es que se emplea entonces el concepto de infraestructura verde. De acuerdo con la Comisión Europea (2014), esta define como una red estratégicamente planificada de zonas naturales y semi-naturales de alta calidad con otros elementos medioambientales, diseñada y gestionada para proporcionar un amplio abanico de servicios ecosistémicos y proteger la bio-diversidad, tanto de los asentamientos rurales como urbanos. Al mismo tiempo señala que al tratarse de una estructura espacial que traerá beneficios de la naturaleza a las personas, la infraestructura verde tiene como objetivo mejorar la capacidad de la naturaleza de facilitar bienes y servicios ecosistémicos múltiples y valiosos, como purificación agua, aire limpio, espacios de recreación y mitigación climática. Por lo tanto, podemos establecer como las infraestructuras verdes se destacan como infraestructuras multifuncionales, cuyas funciones se mueven entre lo medioambiental (adaptación al cambio climático), lo social (dotación de áreas verdes) y

	Infraestructuras grises	Infraestructuras verdes	Sistemas integrados
Costo	●●●	●●	●●
Rigidez	●●●	●	●●
Funcionalidad	●	●●●	●●
Integración	●	●●	●●●
Impacto local/regional	●●●	●	●●
Necesidad energética	●●●	●	●●
Tendencia al deterioro y obsolescencia	●●●	●	●●
Adaptación a escalas territoriales	●	●●●	●●

Figura 34: tabla comparativa sobre características de las infraestructuras grises y las infraestructuras verdes.

Fuente: Elaboración propia en base a Magdaleno, 2017)

lo económico (dotación de empleos). Adicionalmente, cuenta con una capacidad de adaptación a las escalas territoriales mucho mayor que las infraestructuras grises (Magdaleno, Cortés & Molina, 2018) (Figura 34).

Según Suárez (2011), las infraestructuras verdes se mueven entre 4 ejes temáticos, buscando el correspondiente equilibrio entre estos: espacio público, bio-diversidad, movilidad y agua. Desde el espacio público se recupera y representa los hábitos sociales de las comunidades creando lugares de encuentro entre personas, mientras al mismo tiempo se busca disminuir la inequidad de accesibilidad y calidad de espacios públicos y áreas verdes. Desde la bio-diversidad, se introducen especies vegetales y animales, que permitan la restauración de ecosistemas fragmentados por el paisaje urbano, mientras que se busca mantener sus funciones ecológicas originales y crear servicios ecosistémicos. Desde la movilidad se promueven sistemas de movilidad sustentables a través de perfiles de calles que permitan la formación de corredores naturales. Desde el agua, las palabras de Bonifacio Fernández (2014) describen como “se trata de minimizar la generación de escorrentía urbana, disminuyendo la impermeabilización, favoreciendo la infiltración y el almacenamiento; mantener y potenciar la red de drenaje natural, mediante la conservación de cauces y humedales, y favorecer la captura y almacenamiento de agua para minimizar la contaminación del escurrimiento superficial y disminuir el impacto sobre los medios acuáticos receptores.”

Los grandes proyectos urbanos son aquellos que logran traer una mejor calidad de vida a las personas que habitan la ciudad, pero para que esto sea posible, es importante que se apoyen en el territorio y sus beneficios. Las infraestructuras que cruzan nuestras ciudades han comprobado que mantener un carácter mono-funcional crea problemas en el contexto inmediato de estas mismas. Por lo mismo la incorporación de infraestructuras verdes crean la oportunidad de crear ecosistemas urbanos sustentables, capaces de comprender una aproximación estratégica para la conservación del territorio y aquellos elementos

culturales y naturales que lo conforman. Así, estas regulan el impacto de la expansión urbana y la fragmentación ecológica que trae, mientras contribuyen a la resiliencia de los espacios públicos que las comunidades y las personas ocupan en su día a día (Moreno, Lillo & Gárate, 2014).

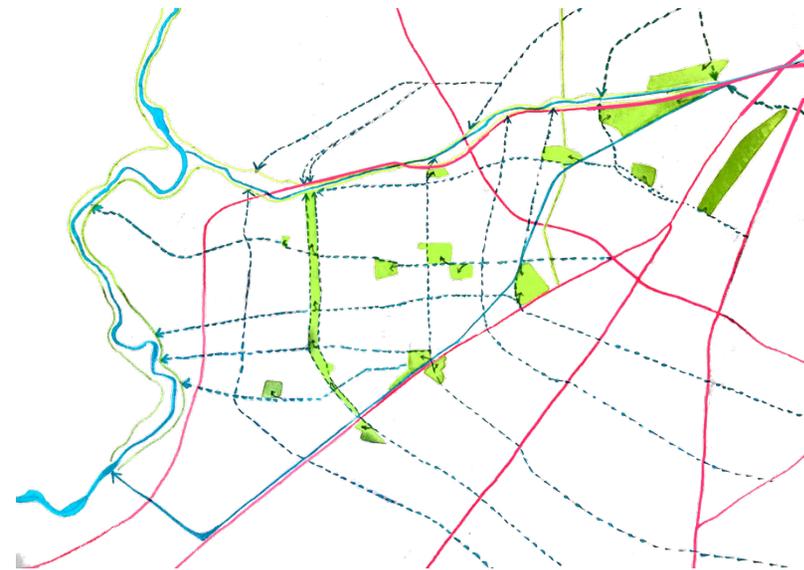


Figura 35: esquema proyectual de ecosistema urbano sustentable para Maipú.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Servicios ecosistémicos y sus beneficios

En la literatura, es muy común toparse con muchos conceptos al hablar sobre ecosistemas urbanos e infraestructuras verdes. Por esto también es necesario que definamos los servicios ecosistémicos, como serán abordados en esta investigación, y como serán implementados en el proyecto urbano para Maipú. Estos servicios ecosistémicos, son beneficios que se logran de la equilibrada relación entre hombre y territorio. Una relación de sinergia que implica el adecuado diseño de las infraestructuras y los espacios que serán capaces de proporcionarlos a la comunidad. Esta aproximación al proyecto urbano logra tomar enseñanzas de la ecología y las aplica a los ambientes construidos (Figura 36).

El concepto de servicio ecosistémicos es relativamente nuevo, y se suele relacionar con el surgimiento de la arquitectura del paisaje. Su implementación en literatura científica data de los años 90', pero el origen de este se remonta a los años 70' (Groot, Alkemade, Braat, Hein & Willems, 2010). Los servicios ecosistémicos son servicios que, de forma directa e indirecta, proveen a las personas de beneficios de la naturaleza (Contanza, 1997). Estos servicios pueden ser entregados de forma multi-escalar y pueden ser tanto tangibles como intangibles, y pueden ser capaces de soportar la vida humana (van Lierop, 2011). La expansión urbana ha ocasionado la alienación del ser humano de los entornos naturales en los que solía habitar, aumentando la necesidad de que la visión de la planificación urbana se amplíe. Esto quiere decir que las ciudades no solo planifiquen como conectar barrios entre si a través de autopista, pero que se planifique también como conectar a la comunidad con equipamientos y servicios, espacios públicos y áreas verdes de calidad que otorguen valor e identidad a los sitios que transitan día a día (Andersson, 2006). La urbanización pone presión sobre los ecosistemas urbanos y los beneficios que otorga a las personas y altera la estructura del paisaje y desequilibra procesos ecológicos. Por lo mismo es importante entonces su incorporación en la planificación urbana, ya que puede traer al Maipú contemporáneo las enseñanzas y



Figura 36: esquema conceptual de los servicios ecosistémicos.
Fuente: Elaboración propia en base a van Lierop, 2011.

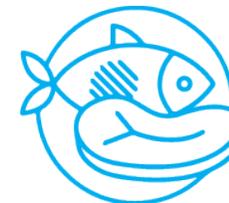
beneficios que solían obtener los agricultores, cuando los canales irrigaban el territorio y estructuraban el paisaje de la comuna.

Los servicios ecosistémicos pueden ser categorizados en 4 grandes grupos: servicios provisionales, servicios reguladores, servicios de soporte y servicios culturales (Sukhdev, 2010). Los servicios provisionales que otorgan una materia prima como principal función, y se puede tratar tanto de agua, madera, alimento, etc. Los servicios reguladores son aquellos donde el ecosistema actúa como regulador de factores medioambientales y climáticos, moderando eventos climáticos extremos, tratando la contaminación del agua y reduciendo la erosión del suelo. Los servicios de soporte son aquellos donde los ecosistemas ofrecen un medio de crecimiento para fauna y flora, manteniendo la bio-diversidad. Si bien los anteriores pueden estar incluso en entornos externos a la ciudad, los servicios culturales son aquellos que lo ligan a la ciudad y al espacio público, al ser aquellos que traen beneficios estéticos, espirituales y psicológicos a las personas que lo habitan, brindando espacios para la recreación, el turismo y el deporte. Así estos servicios ecosistémicos se integran a las infraestructuras verdes como principales articuladores entre el hombre y el territorio, dotando además a las infraestructuras del carácter multi-funcional descrito en el capítulo anterior. Estos beneficios, se mueven entre muchos espectros, no solo otorgando mejoras estéticas del espacio público, sino que trae beneficios desde lo social al mejorar la calidad de los espacios públicos; desde lo económico al incorporar a la comunidad en procesos productivos locales y de bajo impacto ecológico, entre otros (ibíd., 2010) (Figura 37).

Para efectos de esta investigación y su proyecto urbano propuesto, se hace hincapié en aquellos servicios reguladores relacionados con los espacios verdes y el agua. La vegetación puede generar sombra y remover la contaminación del aire, aumentando la probabilidad de precipitaciones. Esto es relevante considerando el carácter industrial de la comuna y los alrededores de la línea de tren Alameda-Melipilla. Al

Servicios provisionales

- Comida
- Materia prima
- Agua
- Recursos medicinales



Servicios provisionales

- Regulación local de clima y calidad del aire
- Captación de carbono
- Moderación de eventos extremos
- Tratamiento de aguas
- Prevención de erosión
- Polinización
- Control biológico



Servicios de soporte

- Hábitats para especies
- Mantenimiento de la diversidad genética



Servicios culturales

- Recreación y salud mental y física
- Turismo
- Apreciación estética e inspiración cultural
- Experiencia espiritual y sentido de pertenencia



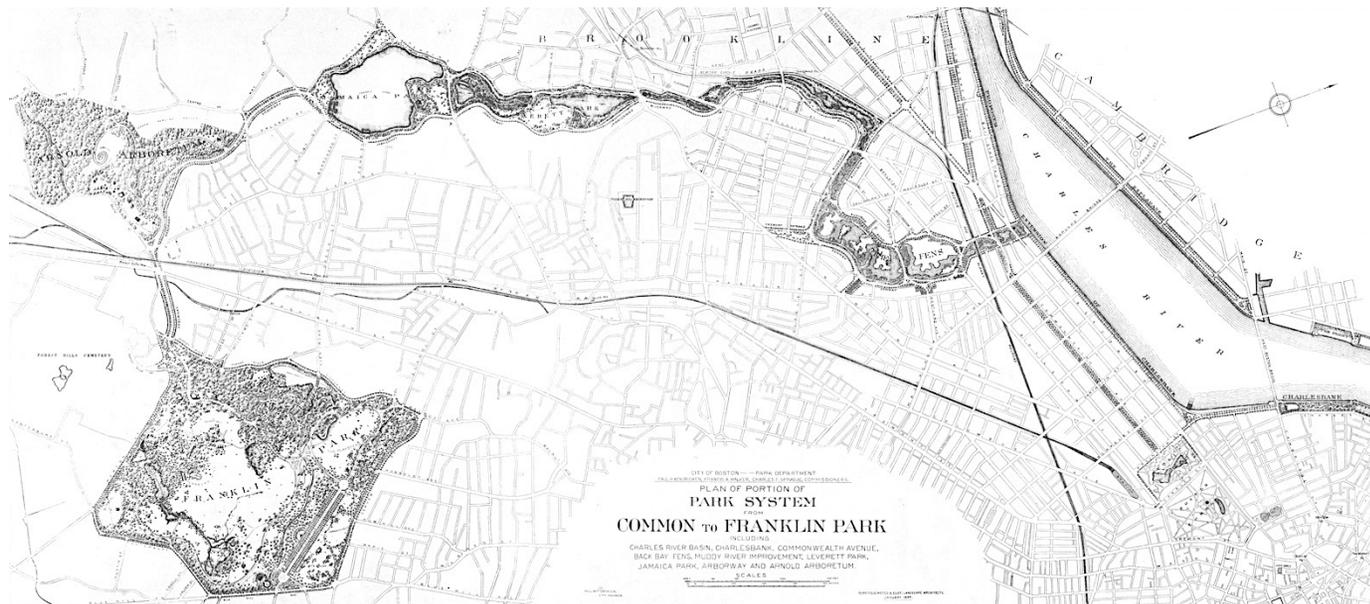
Figura 37: Servicios ecosistémicos.
Fuente: Elaboración propia en base a van Lierop, 2011.

mismo tiempo, el diseño de los cauces y áreas verdes promueve la moderación de eventos climatológicos extremos, no deteniéndolos, pero mitigando sus efectos. De la misma forma, las escorrentías urbanas provenientes de techos y calles pueden ser tratadas a través de vegetación especializada, reduciendo sus niveles de contaminación, y por consiguiente la contaminación de los cauces principales de la ciudad como el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada. De la misma forma estos ecosistemas acercan a la fauna y flora nativa del valle central a una población muy desprovista de ella.

Poder incorporar estos servicios ecosistémicos y sus beneficios a las comunidades representa una inversión de largo plazo, al igual que las infraestructuras verdes y los proyectos urbanos. Representan un gasto que se puede ver como grande en un principio, pero que, a largo plazo, generan mayores ganancias y retornos que incorporar infraestructuras grises. Por lo mismo es importante que la planificación de la ciudad no esté sujeta a los ambientes políticos de los países, y que se logren incorporar como medidas integrales, en pos de mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Gran variedad de proyectos urbanos terminan sin ser ejecutados debido a intereses políticos contrapuestos entre un mandato y otro. La ciudad es para todos y se debe garantizar un equivalente acceso a los beneficios de las áreas verdes y los equipamientos, independiente del sector socioeconómico en donde se inserta. En el caso de Maipú, la reincorporación del tren a las redes de transporte público representa una gran oportunidad de mejorar los entornos urbanos para una gran población, muy vulnerable y carente de calidad en sus espacios públicos. Es un proyecto urbano que no se debe limitar a unir dos puntos de la ciudad, sino tomarse como la oportunidad de capitalizar su inversión y convertir a Maipú en un mejor lugar para la vida urbana.

Referentes

Es importante ver como los conceptos anteriormente descritos se materializan en proyectos urbanos. A continuación, se presentan dos proyectos urbanos, que a través de infraestructuras verdes y sus beneficios, logran crear ecosistemas urbanos equilibrados, que dotan a la ciudad de áreas verdes, espacios públicos, equipamientos y servicios. El primer proyecto corresponde al Emerald Necklace, ubicado en Boston, diseñado por el renombrado arquitecto del paisaje Frederick Law Olmsted. El segundo proyecto es el Anillo Verde, ubicado en la ciudad española de Vitoria-Gasteiz. Ambos proyectos destacan por su planificación y envergadura, mientras al mismo tiempo logran establecer características propias para cada uno de sus tramos. Otra característica importante es como ambos se aprovechan de cauces de agua para unir e irrigar los parques y las zonas aledañas (Figura 38).



*Figura 38: Plano original del Emerald Necklace.
Fuente: Frederick Law Olmsted, 1894.*

El Emerald Necklace es un sistema de 6 parques interconectados a través de áreas verdes, corredores verdes y paseos. Para Olmsted, este proyecto no solo significó la creación de una red de parques para la ciudad de Boston, sino que al mismo tiempo se mostró como oportunidad de sanear zonas degradadas de la ciudad. Estas zonas degradadas se caracterizaban por ser cauces naturales, como el río Charles y diferentes esteros, insertos en la ciudad que habían sido contaminados con aguas servidas y desechos, además de las recurrentes inundaciones que ocurrían durante los meses más lluviosos. A través del saneamiento de estas zonas es que se crean los parques y los trechos que los unen, creando un collar inserto en una ciudad que se expandía urbanamente día a día. Esta es una de las primeras señales sobre como el arquitecto emplea las infraestructuras verdes, no sólo resolviendo problemas de faltas de áreas verdes, sino que también creando una forma de resolver problemas de degradación y desnaturalización de cauces (Austrich, 2003).

El trabajo de Olmsted en este proyecto es tratado como una de las formas primigenias de infraestructuras verdes, como un ejemplo de la integración entre forma y función, destacando el carácter multifuncional de los proyectos de paisaje. A través del diseño de áreas verdes y espacios públicos de calidad se puede mejorar la calidad de vida tanto de forma físico como psicológica de la comunidad que lo visitan (Mell, 2008). Un espacio natural para escapar del ajetreo de la ciudad, entrando en relación con el territorio y aquellas relaciones con el agua que solían tener los habitantes de Maipú. Podemos ver representados en el Emerald Necklace algunos de los servicios ecosistémicos descritos antes, al contar con zonas de mitigación de inundaciones y creación de hábitats para fauna y flora, además de la cohesión social y sentido de pertenencia que crean los parques en sus habitantes. Así, este collar de esmeraldas crea un sistema diseñado para mitigar los efectos de las inundaciones, controlando los excesos del río y las escorrentías urbanas de los trozos de ciudad que lo rodean (Fábos, 2004). Otro aspecto importante para destacar de este proyecto es la incorporación de la noción de movilidad, ya que incorporó a lo largo de todo el proyecto,



*Figura 39: fotografías del parque.
Fuente:emeraldnecklace.org, 2020.*

los espacios necesarios para el tránsito de distintos modos de transporte. Si bien en su época esos correspondían a peatones, carruajes y bicicletas, muestra como hay una visión por parte del arquitecto de crear un espacio dinámico, multi-modal y multi-funcional, no solo capaz de crear instancias de relajo estacionarias, sino que también de crear recorridos a lo largo de los parques, creando diferentes escenarios y espacios (O'Connell, 2016) (Figura 39).

El segundo referente es el Anillo Verde, ubicado en la ciudad de Vitoria de Gasteiz, España. Este es una ruta que conecta 6 parques que rodean la ciudad, y se destacan por formar una barrera protectora entre las zonas urbanas y las rurales. Tiene su origen en un proyecto de restauración ambiental, que transformó la periferia degradada de la ciudad en un espacio natural de alto valor ecológico, además de establecerse como la principal zona recreativa de la ciudad. El perímetro de la ciudad se había visto degradado a partir de los años 90', con problemas como incendios, erosión y contaminación de los cauces naturales, que, junto a zonas de extracción de áridos, se había convertido en una verdadera barrera para la comunidad entre las zonas urbanas internas y rurales externas. Para solventar el problema, se planifica este proyecto urbano de gran escala, que fuera capaz de funcionar como intermediario natural entre ambas zonas. Estos parques se ven articulados entre sí a partir de corredores verdes y avenidas, rescatando los beneficios de las infraestructuras verdes para crear un espacio natural (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz, s.f).

Dentro del parque alberga espacio para la mantención de flora y fauna nativa en peligro de extinción, destacando uno de los servicios ecosistémicos mencionado en el capítulo anterior. De la misma forma, entre sus espacios naturales se insertan huertos urbanos dispuestos para la comunidad, no solo como una forma de entrar en contacto con la naturaleza, sino que, como una ayuda económica a la ciudad, al colaborar con la producción de alimentos de forma local. Bosques, ríos, praderas, humedales y parques se ven articulados a través de vías para peatones y bicicletas, fomentando un transporte natural y seguro

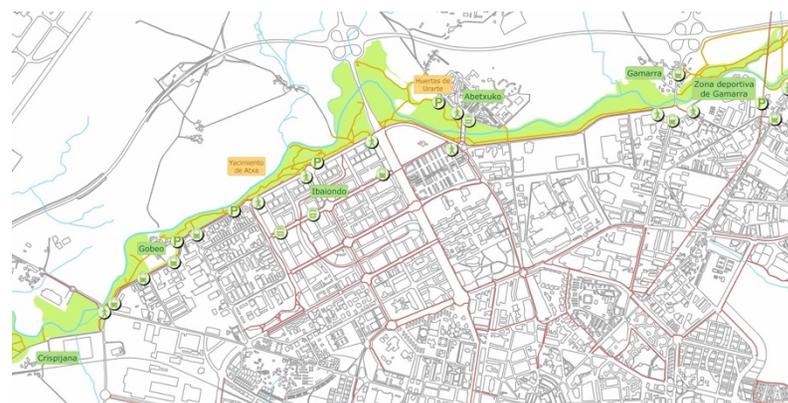
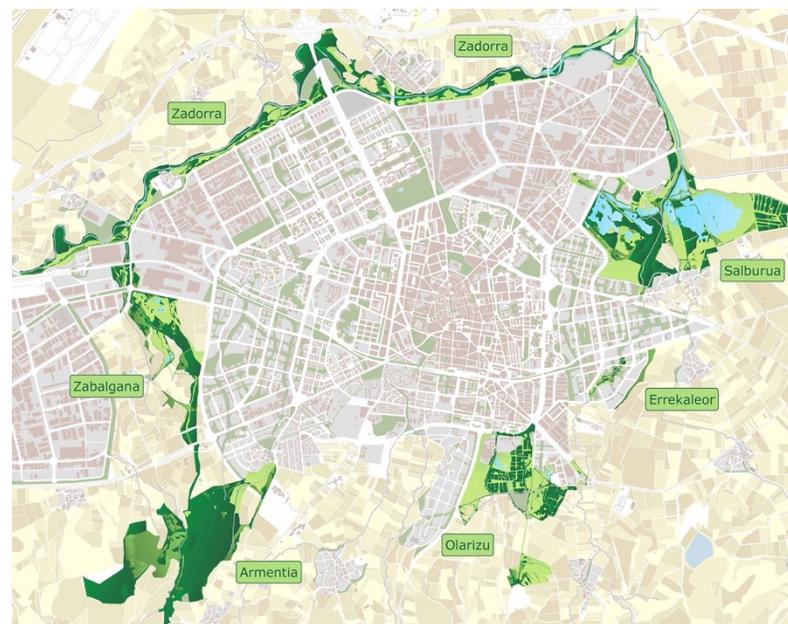


Figura 40: Plano del Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz
Fuente: paisajetransversal.org

medioambientalmente hablando. Por otro lado, el parque cuenta con visitas guiadas y cursos que ayudan a que la comunidad genere un lazo de valor con los parques, creando un sentido de pertenencia y previniendo la degradación de los espacios por falta de cuidado (María Elena Godoy, Luisa Almeida y Carolina Villegas, 2016). Otro de los objetivos del proyecto es regular las inundaciones que ocurren en el río Zadorra y la recuperación natural de humedales que habían sido alterados por la expansión urbana y la introducción de industriales en la periferia de la ciudad (Marañón, 2001). El camino tomado es que el río en su momento de crecida, a través del diseño de sus espacios, sea capaz de desaguar y guiar esas aguas a través de los distintos parques. Esto además de resolver el problema de las inundaciones, crea una forma de irrigar y mantener de forma natural las áreas verdes y humedales del proyecto. Para esto, se aprovechan zonas de extracción de áridos y cauces restaurados para la generación de un sistema capaz de funcionar ante estos episodios (Orive, 2006) (Figura 40 y 41).

Podemos ver como en ambos proyectos se busca un equilibrio entre los 4 conceptos rescatados de las infraestructuras verdes y como a través del proyecto se crea un ecosistema urbano sustentable. Es importante notar como ambos proyectos, no solo son áreas verdes, sino que se establecen como verdaderas infraestructuras dentro de la ciudad, de carácter multi-funcional y capaces de funcionar en diferentes escalas. Ambos se estructuran a través de cauces naturales, corredores y avenidas verdes, destacando que calles y espacios urbanos, bien diseñados y dotados de naturaleza pueden jugar un rol igual de importante en la creación de una red de servicios ecosistémicos, con beneficios directos para la comunidad. Estas enseñanzas se pueden extrapolar al caso de Maipú, tomando como punto de partida la creación de una red de parques, avenidas y espacios públicos. Sitios eriazos, riberas degradadas y la línea del tren se pueden ocupar como articuladores a escala urbana mientras que los otros elementos funcionan a escala local. Sobre este sistema se pueden incorporar servicios y equipamientos, dotados de una nueva espacialidad más natural. Así se crea un ecosistema urbano, resiliente y sustentable para la comuna de Maipú.



*Figura 41: Paseo natural al interior del anillo.
Fuente: paisajetransversal.org*



*Figura 42: Equipamiento de un banco inserto en el parque.
Fuente: flowscapesblog.wordpress.com*

6 Estrategias proyectuales de manejo de aguas

Infiltración como herramienta multi-escalar

Mientras el capítulo anterior describió el marco conceptual en el cual se encierra esta investigación y su proyecto urbano asociado, es necesario describir aquellas herramientas proyectuales de manejo de aguas que serán implementadas en él. Estas herramientas buscan dar solución de manera aplicada y orientada desde el diseño y la arquitectura, a los problemas de las recurrentes inundaciones que ocurren en la comuna de Maipú. Esto no solo convierte el problema en una nueva oportunidad, sino que dota a los espacios de un nuevo elemento, productivo, funcional y estético, el agua. A través de estas herramientas y las enseñanzas rescatadas de las trazas agrícolas de la comuna, descritas en el capítulo 3, se busca insertar aquella relación de cercanía que tenía la población rural de Maipú, y así poder crear un nuevo sentido de identidad y pertenencia en la comunidad, disminuyendo la posibilidad de degradación de los espacios públicos y áreas verdes en un futuro, mejorando la calidad de vida de sus habitantes. Estas herramientas proyectuales de manejo de agua son infiltrar, retener y almacenar.

Como se definió anteriormente, la infiltración es aquel proceso en el cual el agua penetra en el suelo a través de la permeabilidad de este. Esta es una característica esencial del suelo vegetal, y una que a través de la expansión urbana se ha visto disminuida. La impermeabilización del suelo, debido a la utilización de materiales como hormigón o asfalto, contribuye a que, al ocasionarse los episodios de inundación, el suelo urbano no sea capaz de absorber esta agua, creando anegamiento y degradando el espacio público. Por esto se toma esta estrategia como la principal herramienta para combatir las inundaciones. Como esta es característica de los suelos vegetales, puede darse en variadas escalas, desde grandes parques a pequeños jardines de lluvia. Así se le reconoce

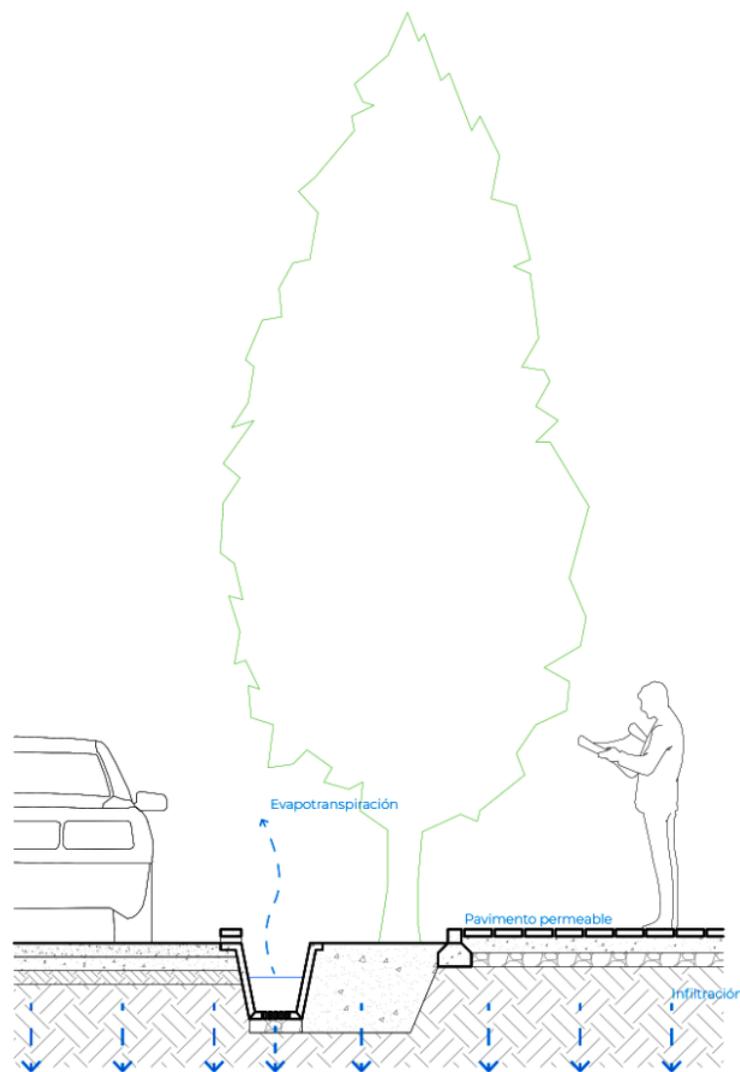


Figura 43: Acequia de infiltración.
Fuente: Elaboración propia

como una herramienta multi-escalar a ser empleada a lo largo de todo el proyecto. Su implementación es rápida, de bajo costo, y logra obtener un gran beneficio, no sólo funcionalmente, sino que también estéticamente, dotando a los espacios urbanos de vegetación, capaz de irrigarse de forma natural, disminuyendo el gasto de agua potable en su riego, y disminuyendo de forma directa los efectos de la inundación.

Las herramientas utilizadas para promover la infiltración varían en tamaño, capacidad y en donde se incorporan. Jardines de lluvias y acequias de infiltración pueden ser introducidas en calles y avenidas verdes, mientras cuencas de mayor tamaño pueden ser incorporadas en parques y corredores verdes. A diferencia de la retención, la infiltración busca almacenar agua por períodos breves de tiempo, reduciendo y manejando los efectos de las escorrentías urbanas. Los jardines de lluvia son una pequeña depresión en el suelo, usualmente de unos cuantos centímetros, que puede albergar vegetación, capaces de recibir agua lluvia proveniente de techos, calles y veredas. Esta vegetación debe ser capaz de soportar la sobrecarga de agua, y al mismo tiempo, puede ser capaz de filtrar y descontaminar el agua antes de que esta ingrese en las capas más profundas de la tierra. Esto se ve soportado por sustratos minerales. Su reducido tamaño las hace fáciles y rápidas de implementar en ambientes urbanos más duros. Al mismo tiempo, su mantención es simple y puede ser apoyadas por sistemas de sobrecarga que dirijan aguas excedentes al sistema de drenaje urbano, una vez que la tierra se sature. La existencia de vegetación y porcentaje mayor de humedad ayuda a regular la temperatura ambiente, reduciendo las islas de calor que se detectan en Maipú (susdrain.org, s.f.) (Figura 45 y 46).

Las acequias de infiltración son pequeños canales que pueden ubicarse al costado de las calles, que se encuentran conectados a jardineras. Estos canales, además de servir para infiltrar el agua lluvia, pueden encargarse de dirigirla a través del sistema de irrigación urbano. A través de esto se mantiene irrigado el arbolado público, reduciendo el consumo de agua potable en su riego. De la misma forma que los jardines de lluvia, puede contar con vegetación que sea capaz de reducir la contaminación del



Figura 44: Cuenca de infiltración.
Fuente: susdrain.org



Figura 45: Jardín de lluvia.
Fuente: sudsostenible.com.

agua, recogida de calles, que suelen contar con polvo, gasolina y aceites. Su implementación representa una modificación más severa del perfil de la calle, pero puede al mismo tiempo cumplir un rol espacial, funcionando como división de flujos entre peatones y ciclista, o ciclistas y vehículos. Tanto los jardines de lluvia como las acequias de infiltración se pueden ver apoyadas por pavimentos permeables que aumenten la capacidad de infiltración del suelo urbano (sudsostenible.com, s.f.) (Figura 43).

Las cuencas de infiltración son depresiones de mayor tamaño, con una profundidad promedio de entre 50cm y 1m, generalmente cubiertas de pasto o similar, y son capaces de albergar y retener una mayor cantidad de agua que los jardines de agua. A diferencia de los jardines de agua, las cuencas de infiltración son de un tamaño mayor. Mientras los jardines pueden tener entre 2 y 5 m², las cuencas de infiltración requieren de espacios del orden de 20 m² reduciendo sus posibles ubicaciones a parques y bandejones centrales más grandes. Gracias a esto son ideales para su implementación como espacios multi-funcionales, de recreación y descanso durante periodos secos, mientras que en periodos más lluviosos se pueden configurar como pequeños humedales. Pueden ser plantadas con vegetación que pueda soportar periodos de inundación, creando hábitats para fauna y flora. Si bien su implementación es más complicada, ya que se requiere un gran espacio, su mantención es fácil y poco costosa (susdrain.org, s.f.) (Figura 44).

A partir de esto podemos establecer algunas ventajas y algunas limitaciones:

Ventajas:

- Diseño flexible y fácil de incorporar.
- Elimina contaminantes y reduce volúmenes de escorrentías.
- Muy rentable como herramienta para la gestión de aguas pluviales.
- Mantenimientos con costos relativamente bajos.
- Contribuye a la calidad del aire y ayuda a disminuir las islas urbanas de calor.
- Mejoras visuales en la ciudad, aumento de plusvalía.

Limitaciones:

- Posible necesidad de combinarse con el sistema drenaje urbano.
- Oportunidades limitadas para la implementación en función de espacio disponible.

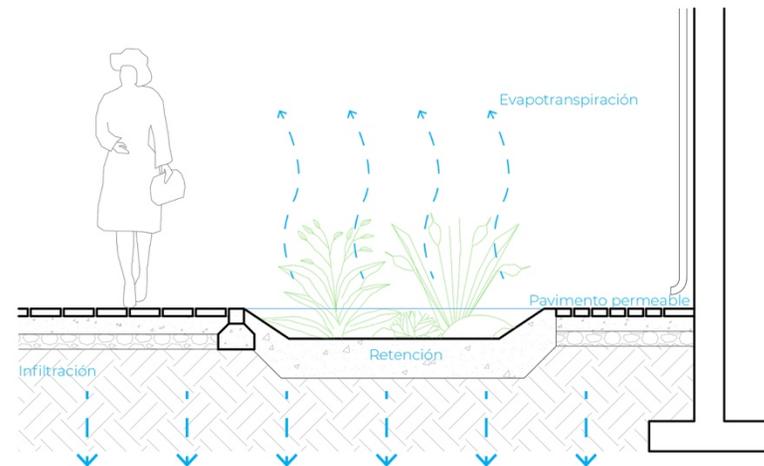


Figura 46: Jardín de agua.
Fuente: Elaboración propia.

Retención como herramienta de mitigación

La infiltración se establece como herramienta multi-escalar, debido a su capacidad de adaptarse a varios tamaños, formas y diseños, que logran disminuir las escorrentías urbanas de calles, techos y estacionamientos. Además, su inserción en parques a través de cuencas las convierte en elementos de diseño urbano para parques y áreas verdes. Sin embargo, debido a su tamaño más reducido, ante episodios violentos de precipitaciones durante los meses más lluviosos, estas se verían sobre pasadas, necesitando el apoyo de sistemas de drenaje urbano convencionales para evacuar excedentes. Por esto es que se requiere de una herramienta que se inserte como la principal forma de retener y contener las inundaciones pluviales. Esta herramienta es la retención. Como se definió anteriormente, la retención es el proceso en el que el agua se mantiene en la superficie por un período más extendido de tiempo, dando la oportunidad de que una parte de ella se evapore a la atmósfera y que otra parte sea lentamente absorbida por la tierra.

A diferencia de la infiltración, la retención es capaz de manejar mayores volúmenes de agua, deteniendo y disminuyendo la velocidad de esta. Otra diferencia radica en el tiempo que toma su funcionamiento, en donde el agua pasa un mayor tiempo de forma superficial. Gracias a sus características, la retención entonces se establece como la principal herramienta de mitigación de los daños ocasionados por los grandes episodios pluviales. Las áreas de retención pueden trabajar de forma complementaria con áreas de infiltración. El tamaño reducido de estas puede ocasionar que se vean sobrepasadas rápidamente. Ahí es cuando los excedentes pueden ser dirigidos a áreas de retención para evitar el uso de drenaje urbano y así seguir dirigiendo el agua en formas más naturales hacia los cauces naturales. Debido a su mayor tamaño, su implementación en calles es más difícil, pero se pueden articular como herramientas de diseño en parques de gran tamaño, que estén conectados a cauces naturales o a un sistema de acequias de infiltración.

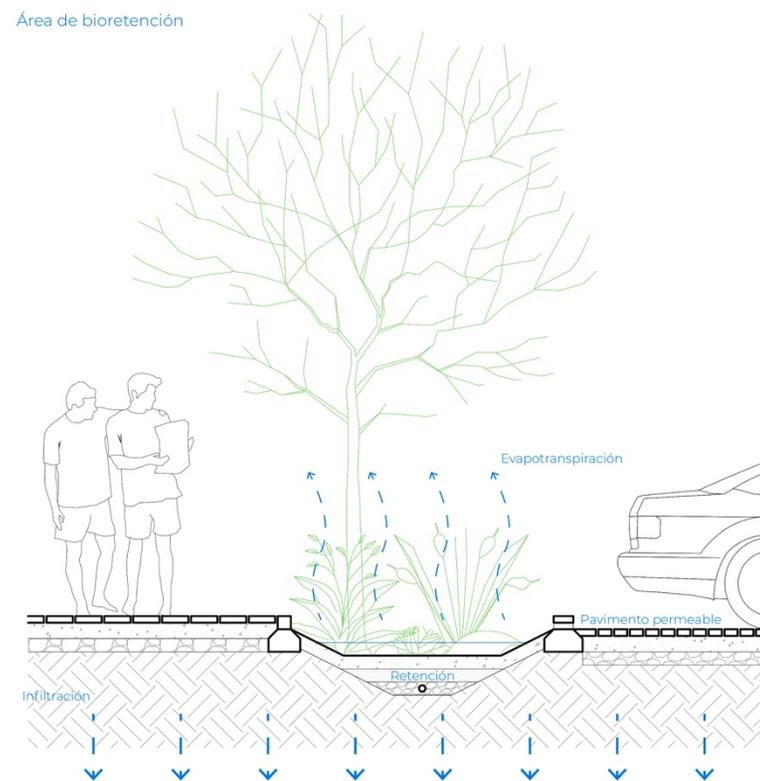


Figura 47: Área de bio-retención.
Fuente: Elaboración propia.

También pueden estar conectadas a áreas de almacenamiento como lagunas o humedales. No hay que olvidar, que estas herramientas, si bien son técnicas y requieren de un diseño sofisticado, también cualifican estéticamente los lugares en donde se insertan, conectando a los usuarios con un elemento poco usual en una ciudad como Santiago, el agua.

Algunas de las herramientas utilizadas para la retención son las cuencas de retención, áreas de bio-retención y retenedores geo-celulares. En el caso de las cuencas de retención, son grandes depresiones, usualmente con una profundidad de entre 1 o 2 metros. Estas suelen estar recubiertas de pasto y pueden contener otro tipo de vegetación que pueda soportar períodos más prolongados de tiempo inundada. Suelen mantenerse secas, por lo que pueden configurarse como canchas deportivas o zonas recreativas para niños, o bien como praderas para situaciones más pasivas. Por lo mismo el mobiliario inserto en ellas debe ser capaz de adaptarse a aquellas situaciones. Estas se pueden complementar con zonas que estén permanentemente sumergidas para promover la aparición de flora y fauna asociada. Gracias a su versatilidad, se puede incluir en varios tipos de ambientes, desde parques, zonas residenciales e industriales. Su implementación es poco costosa y su mantención es fácil. Es necesario controlar los ingresos externos de agua, así como cauces de desagüe (susdrain.org, s.f.) (Figura 48 y 50).

Las áreas de bio-retención, son pequeñas depresiones, usualmente entre 10 y 20 cm, que pueden albergar vegetación que sea capaz de soportar periodos mayores bajo el agua. Su principal diferencia con los jardines de lluvia es que mientras estos trabajan de forma localizada y única, las áreas de bio-retención suelen trabajar conectadas a una red. Debido a esto, su diseño suele requerir sistemas de evacuación, que las conecten con otros sistemas. Su tamaño más reducido puede hacer que su implementación en entornos más duros sea menos invasiva y más activa en cuanto al manejo de escorrentías urbanas, funcionando ante eventos más moderados y no solo ante grandes episodios de precipitaciones. Por



Figura 48: Cuenca de retención.
Fuente: susdrain.org



Figura 49: Retenedores geo-celulares.
Fuente: esemag.com.

los mismo, son muy efectivas en el tratamiento y descontaminación del agua. Esto reduce los niveles de contaminantes en napas subterráneas, por lo que su implementación en ambientes industriales es muy recomendada. La existencia de vegetación contribuye con los niveles de porosidad del sustrato, aumentando su capacidad de absorción, retardando su punto de saturación (susdrain.org, s.f.) (Figura 47).

Los retenedores geo-celulares son áreas de retención, que, en vez de retener el agua a través de tierra y sustratos, lo hace a través de estructuras reticulares, generalmente plásticas, que se colocan bajo pavimentos permeables o similares. Gracias a esto, su introducción en veredas, estacionamientos y plazas puede aumentar la capacidad de absorción del suelo, sin convertirlo en un área verde. Trabaja de forma modular y flexible, por lo que su extensión es de fácil realización y no requiere la alteración de usos más urbanos. Por lo mismo, representa una herramienta complementaria a sistemas más tradicionales de drenaje urbano, pero, aun así, se encarga de reducir y controlar la velocidad con la que este redirige el agua a cauces naturales, reduciendo la posibilidad de inundaciones y sobre cargas del sistema. A diferencia de las otras estrategias, no cuenta con la capacidad de limpiar y descontaminar el agua de escorrentías urbanas, y su diseño requiere de un manejo mayor de ingeniería hidráulica (susdrain.org, s.f.) (Figura 49).

A partir de esto podemos establecer algunas ventajas y algunas limitaciones:

Ventajas:

- Principal herramienta ante grandes episodios de precipitaciones.
- Complementaria a otras herramientas como infiltración y almacenamiento
- Diseño flexible y fácil de incorporar.
- Elimina contaminantes y reduce volúmenes de escorrentías.
- Contribuye a la calidad del aire y ayuda a disminuir las islas urbanas de calor.
- Mejoras visuales en la ciudad, aumento de plusvalía.

Limitaciones:

- Posible necesidad de combinarse con el sistema drenaje urbano.
- Oportunidades limitadas para la implementación en función del espacio disponible.
- Costos iniciales pueden ser un poco más elevados.
- Requiere de mayores niveles de mantenimiento.
- Su implementación se torna difícil en zonas de mayores pendientes.

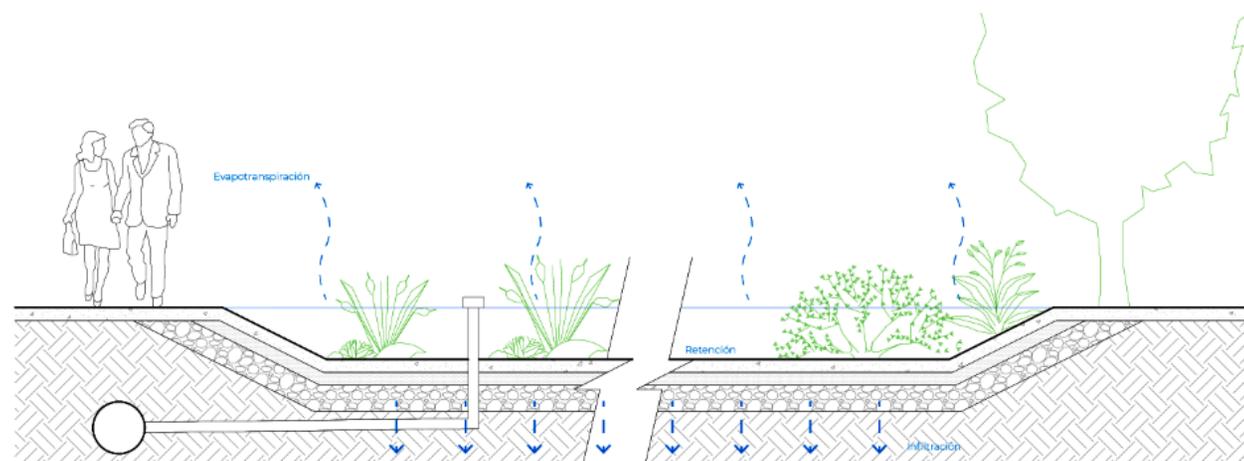


Figura 50: Cuenca de retención.
Fuente: Elaboración propia.

Almacenamiento como herramienta paisajística

La función principal de la retención y la infiltración es disminuir la cantidad que ingresa a los sistemas de drenaje urbano, mientras al mismo tiempo, recargan napas subterráneas, filtrando el agua a través de vegetación inserta en calles y parque, otorgando una cualidad estética y paisajística a estos lugares. Para completar el sistema, las áreas de infiltración y retención necesitan zonas donde poder depositar excedentes y agua recolectada durante los meses más lluviosos para su utilización en meses de sequía. Por esto es que se hace necesario una forma de almacenar agua, tanto de forma superficial como subterránea. Esta herramienta es el almacenamiento y lo definiremos como el proceso en que el agua es almacenada tanto en superficie como subterráneamente, con el fin de que esta pueda ser utilizada, o bien puede entregar un componente estético al espacio en el que se encuentra.

El almacenamiento se introduce en el proyecto con una doble función, al igual que el resto de las estrategias. En el capítulo 3 se explicó como el almacenamiento era la herramienta que los agricultores utilizaban como una forma abastecerse de agua para su utilización en meses de verano, cuando el agua es más escasa. A través de acequias y canales dirigían las aguas y las escorrentías superficiales a estanques y humedales, con diferentes niveles de profundidad. El agua podía pasar de un estanque a otro en función de la cantidad de agua, a modo de terrazas, aprovechando la pendiente natural. Mientras ahí el agua cumple una vocación funcional, adquiere también una vocación paisajística. Esta última es la que se rescata para la realización de este proyecto de ecosistema urbano sustentable. El agua como herramienta paisajística otorga a los espacios urbanos de una estética y una dinámica distinta. La relación que tiene el ser humano con el agua es cercana y de juego, dado que los espacios con agua cuentan con vida y vegetación, además de ser agradables. El agua y su evaporación regulan la humedad y la temperatura ambiental durante el verano, mientras que en invierno



Figura 51: Humedal natural.
Fuente: sudsostenible.com.



Figura 52: Estanque de almacenamiento.
fuentes: sudsostenible.com.

puede cumplir la función de recibir aguas pluviales, que puedan ser utilizadas en meses más secos.

Algunas de las herramientas utilizadas para el almacenamiento son los humedales, artificiales o naturales, y estanques. Los estanques son lagunas artificiales que tienen agua de forma permanente. Esto permite el crecimiento de flora y fauna privilegiada por hábitats acuáticos. Cuentan con una profundidad de entre 1,5 y 2 metros. Mientras sus bordes cuentan con vegetación y pasto, su parte más profunda tiene sedimento y sustratos, que, al mismo tiempo, cooperan en la descontaminación del agua, especialmente de metales pesados y materias inorgánicas. De la misma forma, la vegetación de sus bordes puede tratar y limpiar el agua a través de procesos de biodegradación. Estos se diseñan para garantizar largos periodos de almacenamiento de las escorrentías y aguas pluviales, entre 2 a 3 semanas. Ya que requieren de caudales base más elevados, este tipo de estanques se utilizan en redes mayores de sistemas de infiltración urbana natural. Es importante por otro lado, que estos no se localicen sobre napas o acuíferos subterráneos, para así evitar la contaminación de estos por agentes que no sean filtrados por el fondo de estos. O bien se puede impermeabilizar su fondo. Aportan un gran valor estético a parques y centros urbanos y su uso es muy complementario con otras estrategias de control de aguas (sudsostenible.com, s.f.) (Figura 52 y 54).

Los humedales son cuerpos de agua, de vegetación densa, que, a través de los sedimentos y sustratos de su fondo, proporcionan tratamientos de las escorrentías de agua superficiales. Su profundidad puede ser de 1 a 1,5 metros en zonas profundas y hasta 10 centímetros en zonas más bajas. Estas cuentan con zonas de ingreso de poca profundidad y densamente pobladas de vegetación, mientras por un costado puede correr una zona de mayor caudal, provenientes de canales o estanques cercanos. Estos deberían ponerse en áreas bajas del sistema, ya que, de lo contrario, corren el riesgo de llenarse sedimentos, a menos que esto se trate previamente. Elimina sedimentos más finos y difíciles de filtrar por otros sistemas. Por lo tanto, puede tratar escorrentías superficiales



*Figura 53: Humedal.
Fuente: susdrain.org.*



*Figura 54: Estanque de almacenamiento.
Fuente: sudsostenible.com.*

y no grandes caudales de agua contaminada. Brinda una buena atenuación de la temperatura ambiente y cada vez adquieren un mayor sentido educativo para sus comunidades cercanas. De fácil implementación, son complementarios con una variedad de escalas y usos. En áreas altamente urbanizadas pueden contar con bordes duros o pequeños muelles. Una de sus condiciones técnicas es que deben ser diseñados de acuerdo con sus capacidades de regulación hidráulica, para lograr ser un beneficio a nivel funcional y estético (susdrain.org, s.f.) (Figura 51, 53 y 55).

A partir de esto podemos establecer algunas ventajas y algunas limitaciones:

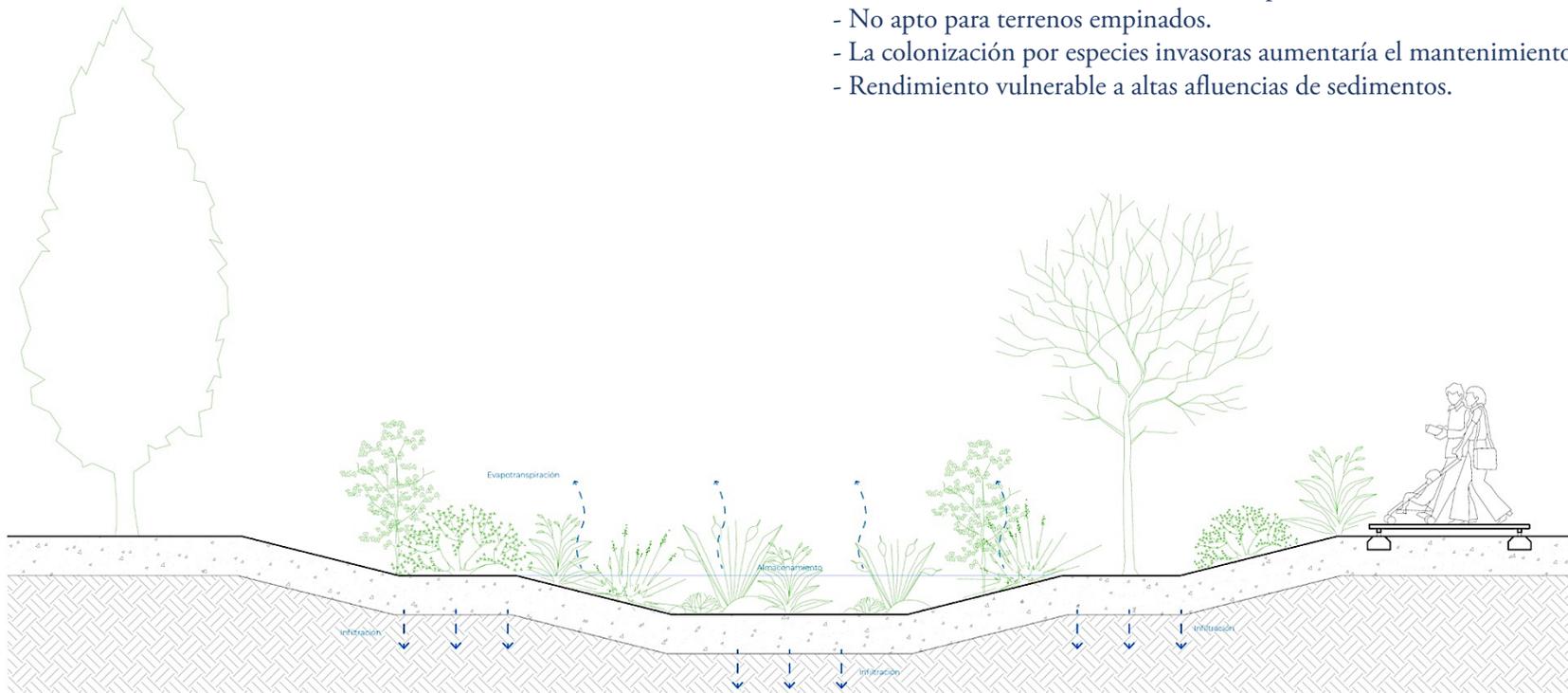


Figura 55: Humedal.
Fuente: Elaboración propia.

Ventajas:

- Buena capacidad de eliminación de contaminantes urbanos.
- Si está revestido, se puede usar donde el agua subterránea es vulnerable.
- Buena aceptabilidad comunitaria.
- Beneficios ecológicos, estéticos y de entretenimiento de alto potencial.
- Puede agregar valor a la propiedad local.

Limitaciones:

- La toma de tierra es alta.
- Requiere flujo base.
- Rango de profundidad limitado para atenuación del flujo.
- Puede liberar nutrientes durante la temporada de no crecimiento.
- No apto para terrenos empinados.
- La colonización por especies invasoras aumentaría el mantenimiento.
- Rendimiento vulnerable a altas afluencias de sedimentos.

Referentes

En el capítulo 5 se describieron 2 referentes, que materializan en proyectos urbanos reales, los conceptos explicados de los ecosistemas urbanos sustentables y las infraestructuras verdes. Independiente de eso, estos proyectos dejan directrices formales sobre el diseño del proyecto urbano para la comuna de Maipú. De la misma forma, a continuación, se describen 2 referentes, como ejemplos de las herramientas de manejo de agua lluvia anteriormente descritas. El primer referente es el Plan Maestro de Inundación Estratégica de Copenhague, desarrollado por el estudio Ramboll. El segundo referente corresponde a Rainproof Ringsted, desarrollado por el estudio Urbanisten, para la ciudad de Ringsted en Dinamarca. Ambos proyectos, son respuestas desde la arquitectura y el proyecto urbanos a problemas de carácter hidráulico, en donde se busca a través del diseño del espacio público, dar solución a inundaciones recurrentes durante los meses lluviosos.

El Plan Maestro de Inundación Estratégica de Copenhague, nace a partir de recurrentes inundaciones durante lluvias en los meses de invierno, provocadas por la expansión urbana y su consiguiente impermeabilización del suelo. Esto, bajo el marco del cambio climático, lleva a la oficina de arquitectura a la creación de un plan para hacerle frente a estas inundaciones. El camino que toman es el de la implementación de infraestructuras verdes y de herramientas de manejo agua para mitigar los daños. Las estrategias incorporadas van desde la utilización de pavimentos permeables, a la inserción de jardines de lluvia en calles y parques. Estos responden a infiltrar y retener escorrentías urbanas de calles y techos durante lluvias menores. Cuencas de retención y estanques de almacenamiento también son dispuestos a lo largo del sistema como los principales elementos para combatir con los episodios más violentos de lluvias. Mientras que, a gran escala, crean un sistema de redirección de las aguas para evitar su estancamiento y depositarlas en el río que cruza la ciudad. La utilización de estas estrategias en ambientes industriales disminuye la



Figura 56: Parque en Plan Maestro de Inundación Estratégica de Copenhague, mostrando la dualidad de los espacios diseñados, acogiendo actividades, tanto en meses secos como húmedos.

Fuente: Landzine.com

degradación y contaminación asociada a estos usos (Mguni, Herslund & Jensen, 2015). Este camino utilizado por la ciudad Copenhague es uno que podría incorporarse en la comuna de Maipú, considerando que, bajo el marco del cambio climático, los episodios pluviales se harán cada vez más violentos y los meses de verano cada vez más secos (Figura 56 y 57).

El segundo proyecto para analizar es el Rainproof Ringsted. Este último se consolida como el plan de manejo de aguas lluvias para el centro de la ciudad suburbana de Sjælland, en Dinamarca. El centro cuenta con la mayoría de los equipamientos y servicios de la ciudad, además de la estación de trenes que la une a la ciudad de Copenhague. Esta última, ubicándose en el punto más bajo de la ciudad, es víctima de inundaciones durante episodios pluviales violentos. Esto tiene muchas similitudes a lo que podría llegar a ocurrir alrededor de las estaciones del Tren Alameda-Melipilla en Maipú, considerando las inundaciones en el tramo de Camino Melipilla. Se debe hacer un esfuerzo en conjunto entre el sector privado y privado, para capitalizar y dirigir de mejor manera las inversiones hechas en infraestructuras de transporte.

En el proyecto, se hace uso de la topografía y los espacios de la ciudad para crear un sistema de manejo de inundaciones a través de infraestructuras verdes. Se introducen jardines de agua y zonas de retención, además de espacios de almacenamiento y descontaminación del agua frente a episodios pluviales violentos. Esta red crea una unión entre el núcleo urbano y el entorno natural de la ciudad, proveyendo un espacio de *buffer*, que actúa de frontera entre áreas urbanas y rurales. Las calles se utilizan como principales zonas de retención e infiltración, a través de cuencas y jardines de lluvia. Excedentes pueden correr y depositarse en almacenes subterráneos bajo estacionamientos, para su posterior descontaminación a través de vegetación, antes de ser depositada en un cauce cercano (Figura 58 y 59).

Como describimos anteriormente, no se trata de deshacerse lo más rápidamente del agua a través de sistemas de drenaje urbano. Por el



Figura 57: Calles de Plan Maestro de Inundación Estratégica de Copenhague, mostrando como el espacio público de la calle se adapta a los distintos niveles de requerimiento de manejo de aguas.
Fuente: asla.org.

contrario, se utiliza el agua como un elemento de diseño urbano más. Se busca infiltrar y retener el agua para que esta pueda ser absorbida por la tierra, no sólo reduciendo los daños provocados por la inundación, sino ocupando el agua para la mantención de vegetación y cauces naturales. Esto, además de tener efectos estéticos en el espacio urbano, genera la regulación de la temperatura, la creación de hábitats para animales y el acercamiento por parte de la comunidad a la naturaleza y el paisaje. Para esto, los parques y las calles deben ser capaces de funcionar tanto en invierno como en verano. Ser capaz de retener y almacenar el agua en periodos de lluvia para que esta pueda ser utilizada en meses secos. Se busca entonces la introducción de infraestructuras verdes y azules que velen por proveer los servicios básicos de una ciudad como movilidad, recreación, salud y biodiversidad, a través del estudio y diseño que asegure al largo tiempo, la resiliencia y estabilidad económica de la ciudad (Ramboll Studio, s.f.).

Al igual que con los referentes del capítulo anterior, no se trata de solo crear áreas verdes que se puedan inundar. Las soluciones disponibles van mucho más allá de eso. La incorporación de estas estrategias en espacio público y en entornos urbanos ya consolidados puede traer e iniciar procesos de regeneración urbana en sectores degradados de la ciudad. Se trata de crear espacios para la recreación y educación, para el encuentro entre personas y de las personas con el territorio que habitan. De esta forma, las estrategias proyectuales de manejo de aguas descritas en este capítulo se arman como una caja de herramientas con las cuales diseñar el espacio público. No son la solución, sino el camino que hará posible la creación de un ecosistema urbano sustentable y resiliente para la comuna de Maipú. A través de un sistema de infraestructuras verdes y beneficios ecosistémicos, se logrará crear una nueva oportunidad para la regeneración de espacios degradados y olvidados entre industrias e infraestructuras de transporte, creando una ciudad más agradable y con una mejor calidad de vida, donde existe una relación de beneficio mutuo entre el hombre y el territorio, rescatando la antigua relación que tenían los agricultores con la tierra en los inicios rurales de esta comuna.

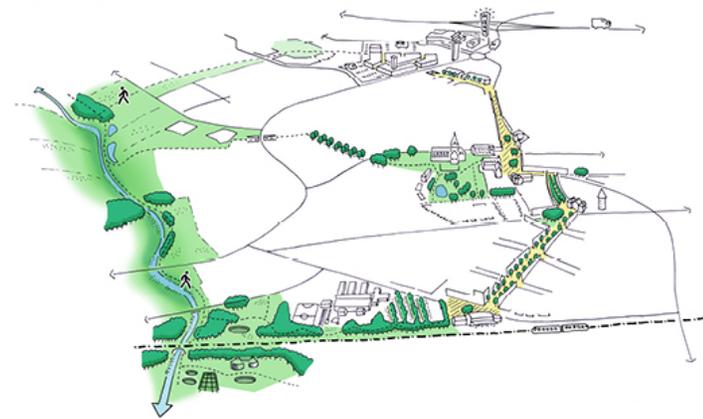


Figura 58: Infraestructura verde para el Rainproof Ringsted.
Fuente: urbanisten.nl

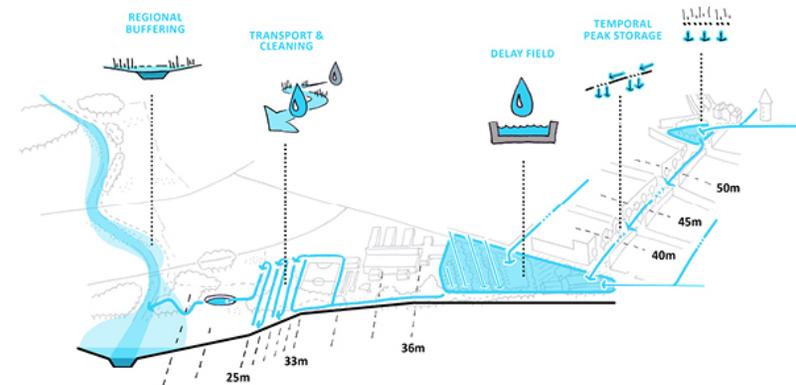


Figura 59: Manejo de aguas frente a inundaciones pluviales.
Fuente: urbanisten.nl

Aprendizajes adquiridos

Emerald Necklace Anillo Verde

Interconexión de parques como un sistema de áreas verdes y espacios públicos

Incorporación de infraestructuras verdes como red de apoyo para el funcionamiento de la ciudad

Posicionamiento de áreas verdes como mediadoras entre espacios urbanos y rurales

Buscar la mejora de la calidad de vida, tanto física como psicológicamente, de aquellos que habitan estos espacios

Tratamiento de áreas degradadas de la ciudad a través de la entrega de valor e identidad a los espacios de una comunidad

Incorporación de la movilidad sustentable dentro del diseño urbanos de los espacios públicos

Creación de espacios dinámicos y multi-funcionales capaces de abordar actividades estacionarias, de recreación y movimiento

Plan Maestro de Inundación Estratégica Rainproof Ringsted

Diseño de espacios aptos para su funcionamiento durante meses húmedos y meses secos

Utilización de estrategias de manejo de aguas lluvias, complementando sistemas de drenaje urbano

No buscar detener inundaciones, sino mitigar sus efectos mediante la planificación territorial

Multi-escalaridad del diseño urbano, respondiendo a distintas escalas dentro de un mismo proyecto

Selección de herramientas como remediadoras para episodios pluviales normales y violentos

Incorporación de herramientas técnicas de manejo de aguas como elementos de diseño del espacio urbano

Creación de servicios ecosistémicos a través de una relación de beneficio mutuo entre el hombre y el territorio

*Figura 60: Tabla resumen de aprendizajes de referentes.
Fuente: Elaboración propia*

7

Aproximación proyectual

Macro-escala: el plan maestro

Los capítulos anteriores han demostrado como la introducción de infraestructuras verdes y sus servicios ecosistémicos, pueden llegar a generar un proyecto urbano para la comuna de Maipú, con el objetivo de transformar a la zona urbana en un ecosistema urbano sustentable y resiliente. Se recuperan las costumbres y la visión tras la utilización de los recursos naturales de forma equilibrada de las trazas agrícolas de Maipú. De la misma forma, se pone evidencia como el tejido urbano actual se encuentra ligado al funcionamiento hídrico de la comuna durante épocas pre-urbanas. Así también se reconocen herramientas de manejo aguas lluvias y el manejo de aguas frente a inundaciones pluviales. El manejo del agua, respetando sus ciclos y trazados naturales puede recuperar ese equilibrio que antes hubo, no solo mitigando los posibles daños del cambio climático y las inundaciones en un futuro, sino que puede a la vez crear espacios urbanos más dinámicos y complejos. Se pone al agua como la generadora de espacios, como recurso paisajístico y productivo, rescatando el rol fundamental que tiene esta para el desarrollo de la vida.

Los sistemas de drenaje urbanos convencionales fallan debido a su poca flexibilidad, ya que se encuentran diseñados bajo parámetros, modelos y estadísticas, que, bajo el marco del cambio climático, ya empiezan a fallar, generando las inundaciones que se pueden ver a lo largo de la comuna. Por consiguiente, el enfoque a utilizarse para el desarrollo de este proyecto urbano es un enfoque integral. Este aprovecha los beneficios urbanos y ecosistémicos de las estrategias de manejo de aguas detalladas en los capítulos anteriores, mientras apoya los sistemas de drenaje urbano convencionales, para reducir su utilización, previniendo el fallo de estos. Se genera una red de espacios urbanos capaces de incorporar estas herramientas en su diseño, como una forma de infiltrar, retener y almacenar el agua lluvia y las escorrentías urbanas

(Figura 61). Para el desarrollo del proyecto, se definen 3 escalas de trabajo. La macro-escala que corresponde al plan maestro a nivel comunal. La meso-escala que corresponde a la pieza inicial de proyecto. Y la micro-escala que corresponde al punto detonante de proyecto.

Enfoque convencional	Enfoque integral
Maneja una visión de drenaje urbano separado del contexto hidrológico y sus condiciones ambientales	Contempla el drenaje urbano y el ciclo hidrológico como elementos que deben trabajar en conjunto
El agua lluvia es un inconveniente que necesita ser evacuado rápidamente de la ciudad	El agua lluvia representa una oportunidad para la ciudad, que puede aportar al desarrollo y mantenimiento de esta a través de su retención, infiltración y almacenamiento
Para el drenaje urbano se concibe únicamente infraestructuras de hormigón, acero y plásticas	El drenaje de la ciudad toma herramientas en el manejo del suelo y vegetación, además de las subterráneas que incluyen el hormigón, acero y plástico
Para el drenaje urbano se aplican soluciones que involucran a ingeniería y su universo de complejidad	Se fomenta la exploración de soluciones y nuevas estrategias de diseño para la gestión de las aguas, que incluyan conocimientos de diferentes actores tales como ingenieros, urbanistas y arquitectos
El sistema de drenaje se construye a partir de diagnósticos realizados por personal competente, y en base a soluciones técnicas predeterminadas	Los problemas y las soluciones se establecen a partir de procesos participativos y consultas a vecinos afectados, en conjunto con los profesionales competentes

Figura 61: Cuadro comparativo entre enfoque convencional de drenaje urbano y enfoque integral en base a infraestructuras verdes.

Fuente: Suarez, 2019.



Riberas intervenidas y desprotegidas



Límites urbano/rural nocivos



Áreas verdes escasas y mal mantenidas



Centro congestionado y poco verde



Sitios eriazos de gran tamaño

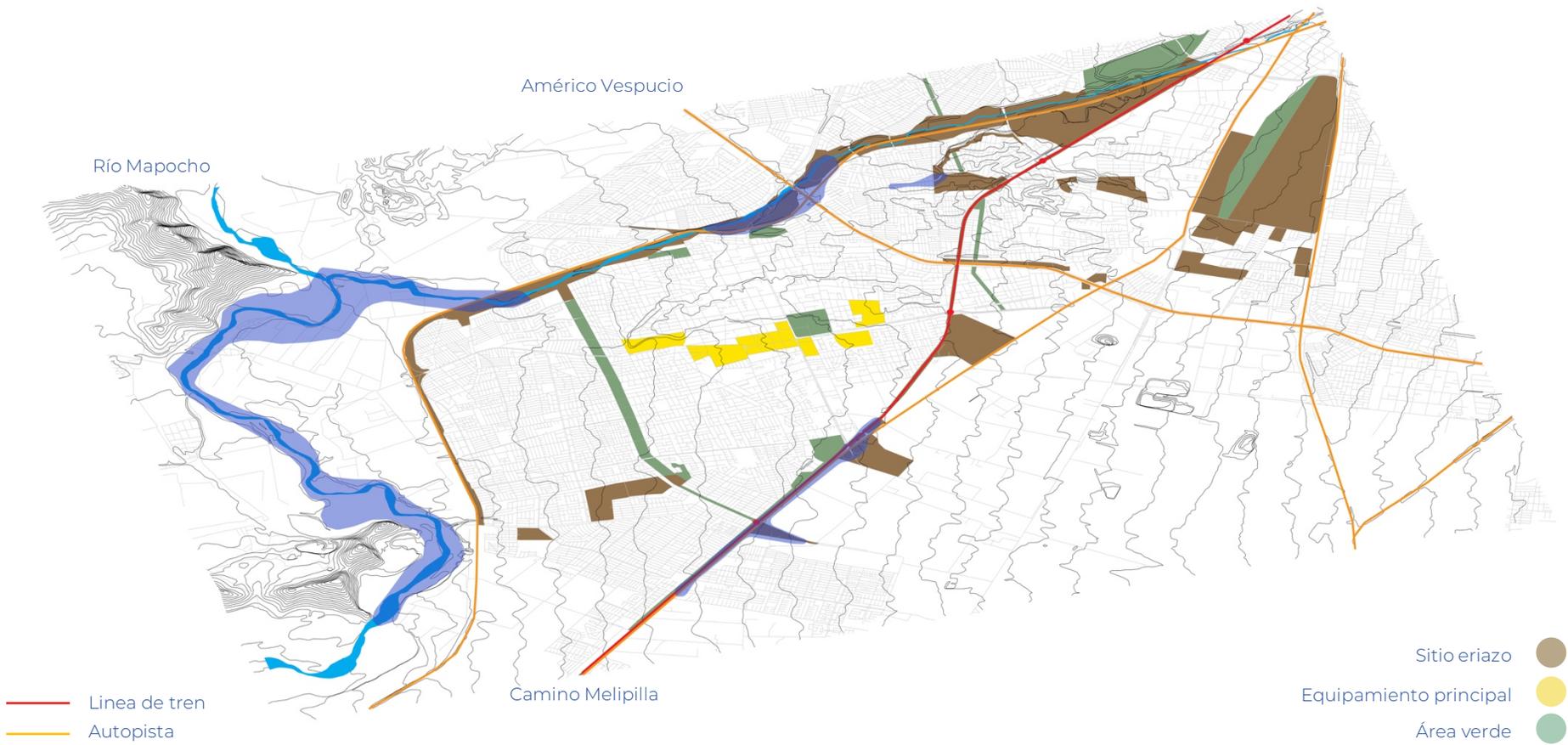


Figura 62: Ecosistema urbano fuera de equilibrio. Isométrica de levantamiento de principales problemas urbanos detectados en Maipú. Fuente: Elaboración propia, 2020.

Para empezar a describir el proyecto a desarrollarse, es necesario hablar sobre el contexto urbano en el que se va a emplazar. Para esto se muestra en la imagen un levantamiento de los principales problemas urbanos que se reconocen en la comuna de Maipú. Como se describió en el capítulo 5, un ecosistema urbano se define como aquel donde ocurre una estrecha relación entre lo previamente existente, que sería la naturaleza o el territorio, y lo construido por el hombre (Amaya, 2005). Por lo mismo, esto no quiere decir que se ecosistema urbano sea encuentre equilibrado. Es más, estos suelen encontrarse fuera de equilibrio como en el caso de Maipú. Esto produce algunos de los problemas señalados (Figura 62).

Las riberas de cauces naturales en la comuna, como el río Mapocho y el Zanjón de la Aguada, se encuentran deterioradas y desprotegidas. Esto ha ocurrido por causa de la degradación del espacio urbanos a su alrededor, la utilización de infraestructuras de contención poco flexibles y la introducción de sitios de extracción de áridos en sus riberas, como el caso descrito en el capítulo 4. La expansión del área urbana de acuerdo con la modificación del PRMS 100 pondrá en mayor peligro la ribera del río Mapocho, y al mismo tiempo, pondrá en peligro a las nuevas urbanizaciones de posibles inundaciones debido a crecidas del río.

Los límites entre áreas urbanas y rurales se han configurado principalmente a través de infraestructuras de transporte, como la Autopista del Sol en el sector poniente de la comuna. Estas infraestructuras son nocivas para el entorno urbano, ya que generan segregación y degradación de los espacios públicos que se encuentran a su alrededor. Además, se configuran como infraestructuras mono-funcionales, de funcionamiento rígido y de alto valor económico. Esto crea una desconexión de la comunidad con su territorio inmediato, creando desapego y pérdida de identidad. Si bien hoy separan áreas urbanas y rurales, el día de mañana tras la expansión indetenible de la ciudad separarán barrios y comunidades, aumentando la segregación social, espacial y económica.

La expansión a modo de *parches* de la comuna de Maipú, sin una planificación clara ha creado barrios y comunidades sin áreas verdes de calidad. Si bien hay una gran cantidad de pequeñas áreas verdes en cada barrio, estas en realidad se configuran como plazas duras con unos cuantos árboles. Pocos son los espacios que se configuran como verdaderas áreas verdes, entre ellas el Parque 3 Poniente, la Plaza Central y sus espacios municipales contiguos, el cerro Primo de Ribera junto al Zanjón, además de estadios deportivos privados y públicos. Como describimos en el capítulo 4, si bien existen estos espacios, su calidad es baja, y en vista del aumento de las temperaturas y la escasez hídrica, producto del cambio climático, su mantenimiento será cada vez más difícil, aumentando el consumo de agua potable en regadío y aumentando los niveles de estrés hídrico de una comuna que ya se encuentra declarada como zona de emergencia.

De la misma forma, la expansión urbana y especulación inmobiliaria ha creado los grandes sitios eriazos que se encuentran en la comuna, generalmente asociados a infraestructuras de transporte como los descritos en el capítulo 4. Estos sitios eriazos generan desapego y pérdida de identidad por parte de la comunidad. Además, suelen ser convertidos en basurales y en tomas de terrenos.

Asociado a la falta de planificación urbana, la comuna sufre de una alta ausencia de equipamientos y servicios en zonas que no sean su centro fundacional. Por lo mismo, este se encuentra congestionado y se configura como el principal punto de acceso de los habitantes con el resto de la ciudad, a través de las estaciones de Metro. La calidad de sus espacios urbanos es baja y carece de arbolado urbano.

Sobre todo esto, se encuentran los problemas de las inundaciones pluviales descritas en el capítulo 4, que generan la degradación del espacio público y privado, que en vista del cambio climático, los episodios pluviales serán cada vez más violentos, profundizando más los problemas reconocidos en los sistemas de drenaje urbanos convencionales.



Figura 63: Macro escala: el Plan Maestro. Arriba: esquemas proyectuales, respectivamente: el buffer, las manchas y las líneas.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

En vista de los problemas identificados en la comuna, se establece el Plan Maestro de Manejo de Aguas Lluvias a través de infraestructuras verdes, con objetivo de la creación de un ecosistema urbano equilibrado, resiliente y sustentable. Los esquemas superiores describen de manera abstracta las 3 principales acciones del proyecto en esta escala, dando como resultado la isométrica inferior. Estos esquemas proyectuales son: el *buffer*, las *manchas* y las *líneas*. Este modo de analizar el paisaje urbano es extraída de la teoría de Richard Formann, en donde la unión de estos conceptos generan el mosaico, la matriz o el sistema. Y es gracias a su interpretación y diseño que se puede generar un ecosistema urbano (Figura 63).

Como primer paso, se establece el *buffer*, que funcionará a escala urbana. Este *buffer* se configura a través de la utilización de sitios eriazos asociados a infraestructuras de transporte existentes, como la faja vía del tren Alameda-Melipilla. Sumado a esto se utiliza la ribera norte y sur del Zanjón de Aguada y los vacíos urbanos asociados a la Autopista del Sol dentro del área urbana de la comuna. Por último, se hace uso de las riberas oriente y poniente del río Mapocho. La principal función de este *buffer* es la de ser las primeras zonas de retención e infiltración de escorrentías urbanas provenientes de sectores exteriores más altos. Por lo mismo su frente más crítico es aquel constituido por la faja vía del tren y una serie de áreas verdes existentes, en el borde sur oriente de la comuna. Esto debido a que hoy en día es una de las zonas más desprotegidas ante los episodios de inundaciones pluviales. Para esto se definen áreas de infiltración y retención, conectadas a los canales existentes y a las avenidas verdes para dirigir excedentes a áreas de almacenamiento en parques cercanos de mayor tamaño. El frente norte tiene como misión establecerse como una serie de áreas verdes, que unifiquen ambos bordes y manejen posibles crecidas del Zanjón en los meses más lluviosos. Para esto se definen a través de cambios de niveles, terrazas y áreas de infiltración y retención capaces de adaptarse a diferentes niveles de agua. Excedentes se redirigen a través del cauce natural del Zanjón hacia el río Mapocho. Por último, su frente poniente, se establece como un parque de borde-río.

La función principal de este frente es la de la protección de las riberas del río Mapocho y los hábitats naturales asociados a ellas. Este parque de borde-río, además de constituirse como un parque urbano para la comuna, tendría la función de actuar como intermediario entre la futura expansión urbana y las áreas rurales que se mantendrán al poniente del río. Al mismo tiempo, este protegería a estas nuevas urbanizaciones de posibles crecidas del río en los meses de invierno. Para esto además de establecer niveles y terrazas como en el Zanjón, se establecen áreas de almacenamiento de agua a modo de humedales y estanques. Estos pueden recibir las escorrentías urbanas de la ciudad, mientras al mismo tiempo pueden tratar y descontaminar el agua a través de vegetación fito-depuradora.

En segundo lugar, se establecen las *manchas*, que funcionarán a escala local o barrial. Las *manchas* se configuran a través de la utilización de áreas verdes existentes y propuestas, algunas de ellas insertadas en sitios eriazos o zonas de industria ligera que pueda ser removida. Estas funcionarían como principales zonas de infiltración y retención de escorrentías urbanas, como moderadoras de los efectos de los episodios pluviales. Su diseño puede contener cuencas de infiltración o retención, jardines de lluvia o áreas de bio-retención. Mientras al mismo tiempo, aquellas de mayor tamaño pueden contener estanques de almacenamiento que reconfiguren el espacio urbano a su alrededor. La inserción de estos en el diseño de los parques pondría al agua como un nuevo factor de diseño, estableciéndose como un elemento paisajístico y productivo, ya que de la misma forma se puede introducir huertos urbanos a disposición de las comunidades. Algunos de los parques que podrían ser rediseñados son el parque 3 Poniente y el área verde de la Plaza Central y su conexión al eje 5 de Abril, que contiene una gran faja central. Del mismo modo, se puede hacer uso de los sitios eriazos descritos en el capítulo 4, como el sitio Ex Fisa, el Ex Humedal El Pajonal y el sitio Lo Errázuriz. Cada uno de ellos, además de contener áreas verdes y espacios públicos, pueden contener nuevos equipamientos y servicios, que actúen como catalizadores de densificación urbana, en zonas asociadas a las estaciones del tren. Estas

áreas verdes y espacios públicos se verían beneficiados de las nuevas estrategias de manejo de aguas, que otorgarían los diversos servicios ecosistémicos que se describieron en el capítulo 5.

En tercer lugar, entonces, se establecen las *líneas*, que actuarían como los elementos de unión entre el *buffer* y las *manchas*, uniendo ambas escalas. Las *líneas* se configuran a través de avenidas verdes o verde-azul, que correrían tanto en sentido norte-sur, como en sentido oriente-poniente. Estas avenidas verdes se establecen a partir de los aprendizajes de las trazas agrícolas de la comuna de Maipú y como los canales de regadío utilizados en el pasado constituyeron el trazado urbano actual de la comuna. Para esto se hace uso de avenidas existentes como el Eje 5 de Abril - Camino Rinconada, Avenida Pajaritos, Avenida 3 y 4 Poniente, Avenida Portales, entre otras, mientras algunas de estas mismas pueden ser extendidas fuera del área urbana como vías de extensión para las futuras urbanizaciones. Así, estas avenidas verdes se establecen como una matriz de irrigación para las áreas verdes de la comuna, capaces de redirigir las escorrentías urbanas a áreas verdes en sectores más bajo de la comuna, mientras al mismo tiempo irrigan el arbolado urbano, reduciendo costos de mantención de forma global. También a lo largo de estas *líneas*, jardines de agua y áreas de bio-retención pueden contener escorrentías urbanas, mientras apoyan el sistema de drenaje urbano convencional, disminuyendo su uso. Para esto, se hace uso de la pendiente natural de Maipú, en donde las avenidas norte-sur pueden depositar sus excedentes en el Zanjón de la Aguada, y las avenidas oriente-poniente pueden depositar sus excedentes en el río Mapocho. Adicionalmente, se definen nuevos perfiles para estas avenidas, incorporando nuevas veredas más amplias y ciclo vías. De la misma forma, la edificación a ambos costados se aumenta en altura, aumentando los niveles de densificación de forma estratégica y soportada. Se debe mantener un piso de carácter primordialmente comercial, mientras uno o dos niveles superiores se pueden establecer como oficinas o similar. La definición de esto varía según la jerarquía de cada calle. Sobre esta placa se disponen viviendas en altura con una cantidad de pisos máximos que varía entre los 4 o los

7 pisos totales. Finalmente, en la intersección de estas avenidas y entorno a las estaciones del tren, se disponen de equipamiento y servicios, como una forma de democratizar el acceso a estos a lo largo de la comuna, descongestionando el centro y creando nuevos empleos, que reduciría la tasa de movilización de esta población que cada día atraviesa Santiago para llegar a sus lugares de trabajo.

Estas estrategias de proyecto introducirán el concepto de las infraestructuras verdes multipropósito a Maipú, creando un ecosistema urbano resiliente y sustentable, que, a través de los servicios ecosistémicos, crea una relación de retro-alimentación entre el hombre y el territorio (Figura 64).

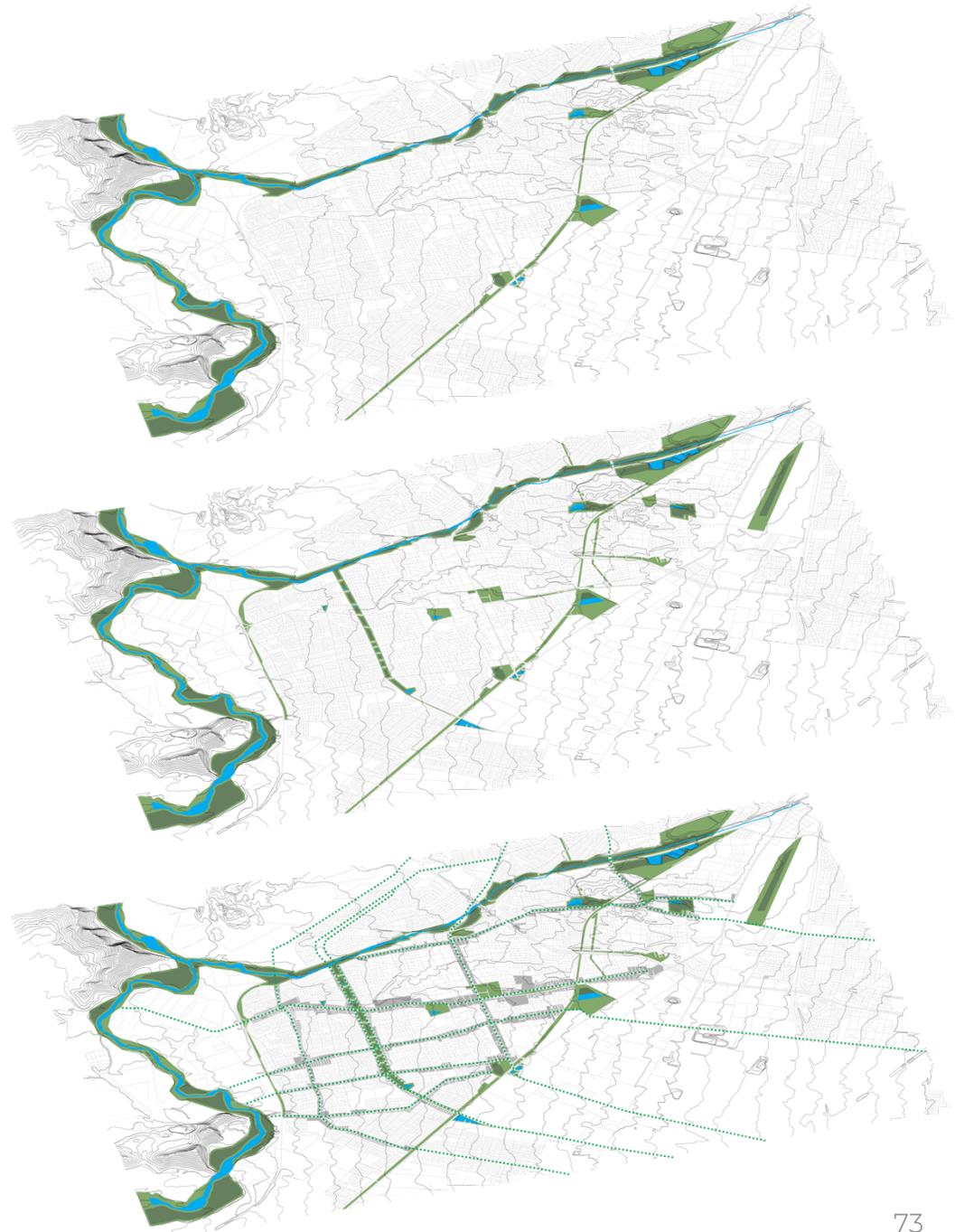


Figura 64: Buffer, manchas y líneas respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

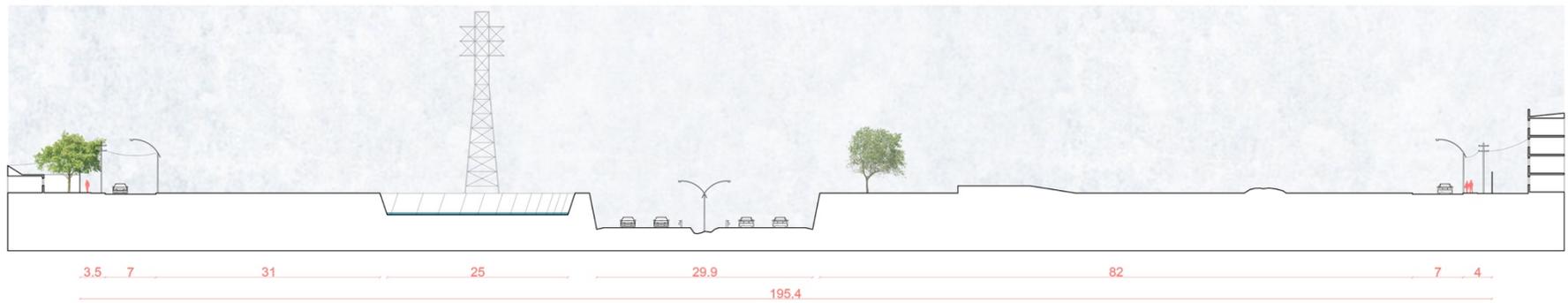
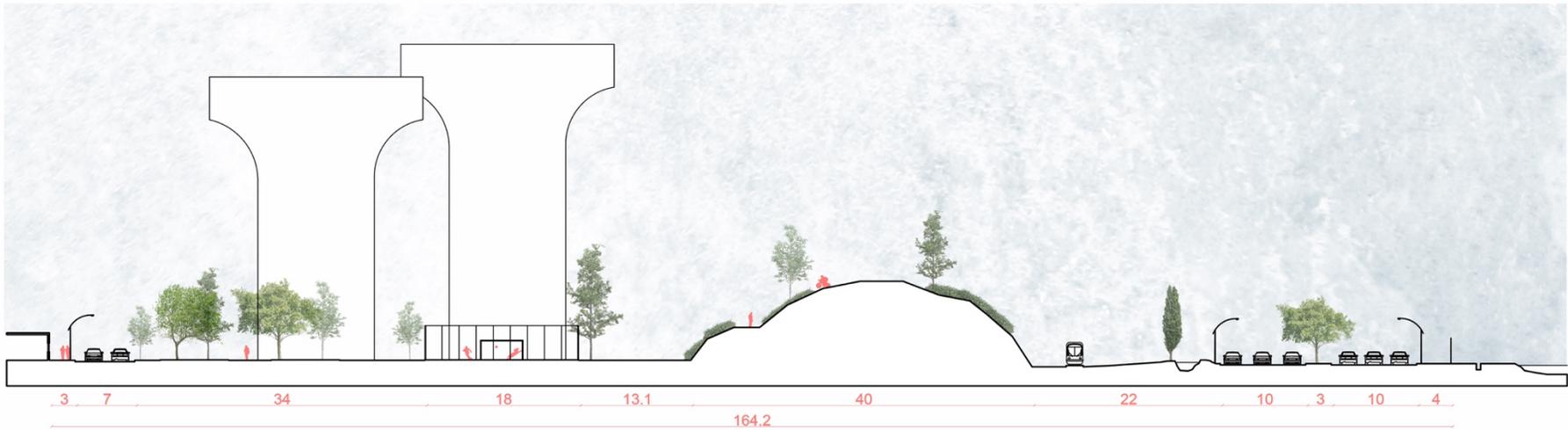


Figura 65: Cortes de situación actual, frente sur y norte, respectivamente.
 Fuente: Elaboración propia, 2020.

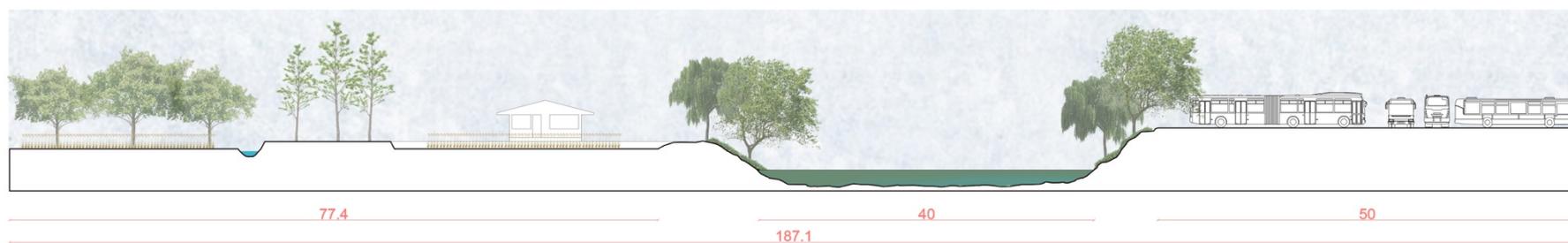
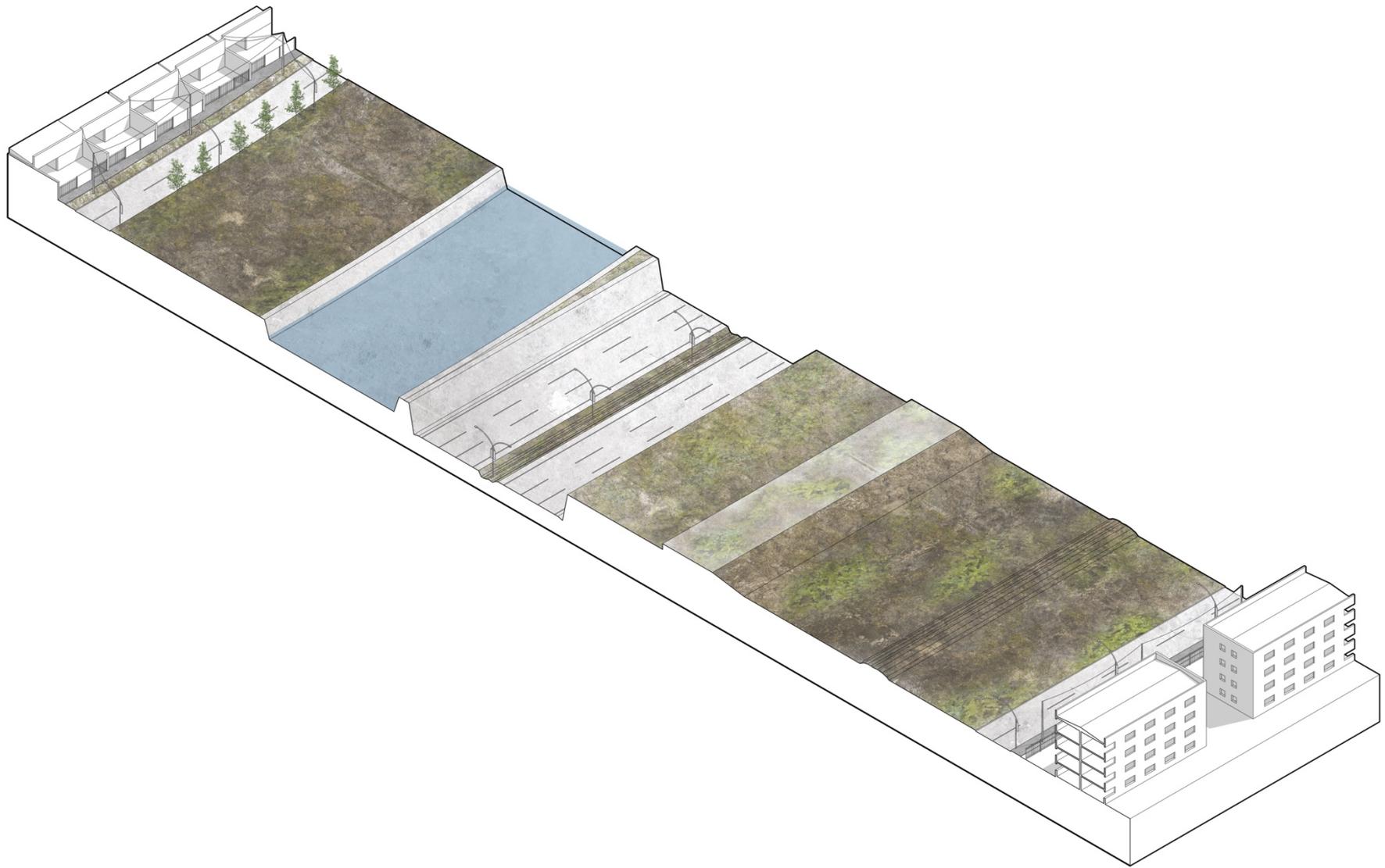


Figura 66: Corte de situación actual, frente poniente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



*Figura 67: Isométrica de levantamiento, frente norte.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

Como vemos en los cortes, se representan los 3 frentes del *buffer*, tanto su situación actual como el diseño de estos espacios en el proyecto. Estos 3 frentes son los descritos anteriormente correspondientes al frente sur, norte y poniente. Cada uno de estos, si bien se estructuran según el mismo concepto, difieren respecto a sus soluciones específicas, adquiriendo caracteres distintos. Mientras el frente sur debe convivir con infraestructuras de transporte como la faja-vía del tren o la carretera Camino Melipilla, no cuenta con los grandes cauces naturales que el frente norte y poniente tienen. De la misma forma, el frente norte actúa como mediador entre sus riberas y la Autopista del Sol, mientras que el frente poniente se establece más como una zona de protección futura que como un parque urbano (Figura 65, 66 y 67).

En el caso del frente sur, podemos ver como cuenta con variadas situaciones y usos que conviven en una franja de tamaño relativamente angosto, estableciéndose como el principal punto de riesgo de inundaciones en Maipú. Al sur, las industrias no entregan ningún tipo de relación con la vereda, manteniendo largos cercos, a veces ciegos y a veces transparentes. La carretera cuenta con 3 carriles hacia cada lado mientras mantiene un bandejón central 3m con arborización mal mantenida. Las veredas, cuando hay, son extensas, pero poco cómodas, ya que no cuentan con arbolado o elementos que la separen de los automóviles. Paralelo a la carretera, corre la faja-vía del tren y canales de regadíos provenientes del sur oriente, que debido a la construcción del tren debieron ser desviados de sus cauces naturales. La faja-vía del tren se encuentra libre para su cruce en una gran porción de su longitud. Y estos canales se encuentran intervenidos y llenos de basura. En este caso, el corte pasa por el Cerro Gasco. Su arbolado es poco y no cuenta con trazados establecidos para el tránsito de peatones. Al norte de este, un área verde de pequeño tamaño actúa como espacio de recreación para la zona residencial. Cuenta con canchas deportivas, pero estas están mal mantenidas.

En el caso del frente norte, a diferencia del anterior, no cuenta con muchos usos, pero si cuenta con una extensión mayor, que es aún más

grande en otras zonas de este frente. Podemos ver zonas residenciales a ambos lados. Una es de baja altura en el lado norte, con casa de uno o dos pisos, mientras el lado sur cuenta con blocks de vivienda social de 5 pisos. Entre ellas, sitios eriazos, la Autopista del Sol y el Zanjón de la Aguada generan una herida espacial entre estos dos barrios, incapaces de conectarse entre ellos. Los sitios eriazos corresponden a áreas que, según el Plan Regulador de la comuna, son áreas verdes. Consecuencia de esto es que no se encuentren edificados, y no hay proyectos de parques que recuperen estos espacios, quedando vacíos, degradados y disponibles para basurales y tomas. Estos mismos espacios generan que las zonas residenciales de ambos lados no puedan tener contacto con el Zanjón de la Aguada, cauce natural de gran tamaño pero que se encuentra contenido a través de un encofrado de hormigón, sin posibilidad de contar con hábitats naturales asociados a él.

Finalmente, en el caso del frente poniente, podemos ver como conviven dos usos muy distintos. Mientras en la ribera oriente se ubica un estacionamiento de buses, en la ribera poniente se ubican áreas de agricultura y de cultivo. Entre ellas se ubica el río Mapocho, contaminado y degradado por algunos sitios de extracción de áridos que se han encargado de degradar los hábitats naturales que se asocian al río. En ninguna de las dos riberas existe una relación entre los habitantes y el río, por lo que el río no se establece como un elemento de valor al cual proteger, y menos cuenta con un espacio en el imaginario urbanos de la comuna de Maipú.

A continuación, vemos como estos frentes se modifican en el proyecto, incorporando las estrategias antes descritas, estableciendo este *buffer* como la primera línea de mitigación de los efectos de las inundaciones pluviales y como espacios de manejo de las escorrentías urbanas más convencionales (Figura 68, 69, 70 y 71).

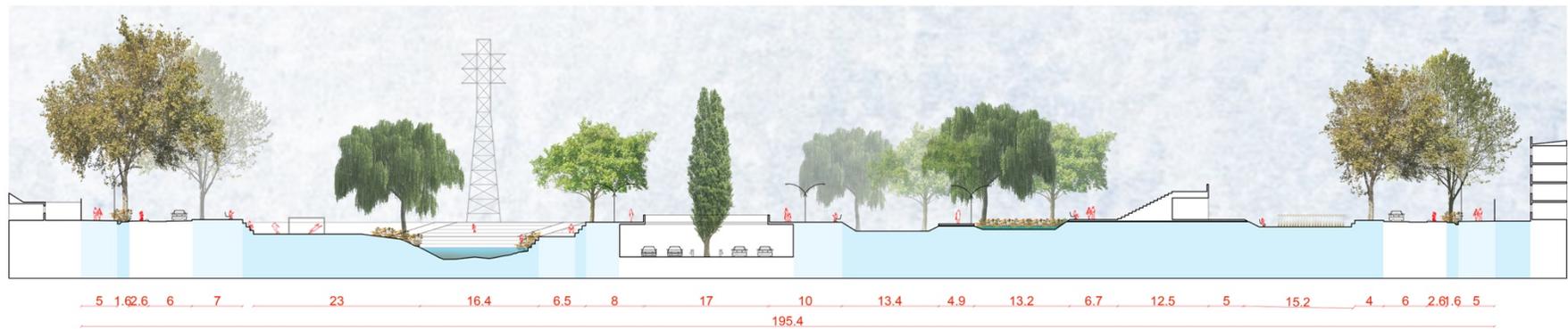
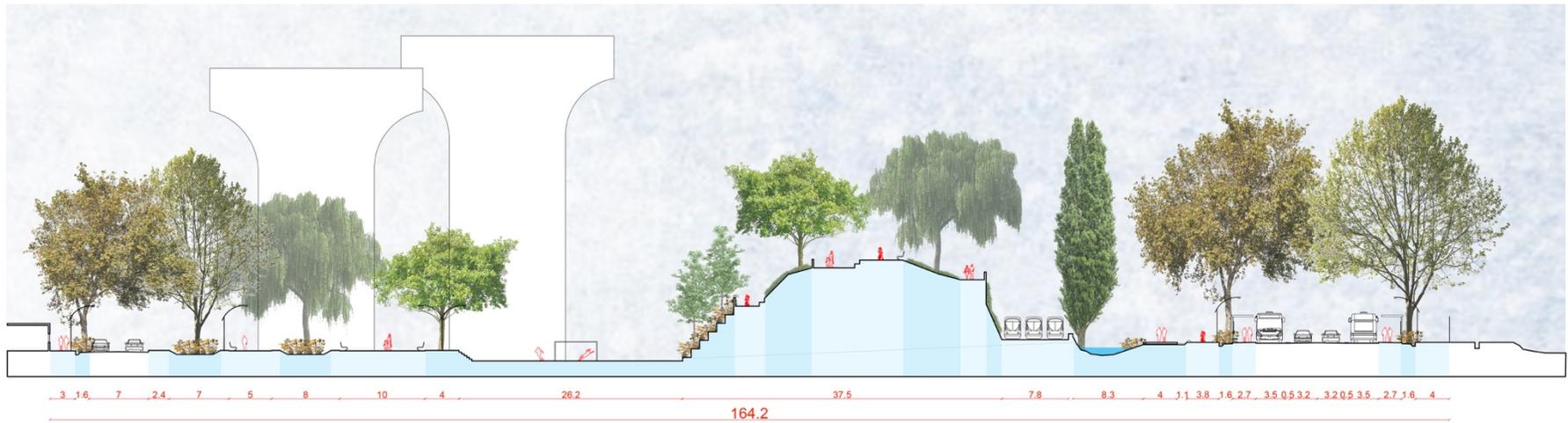
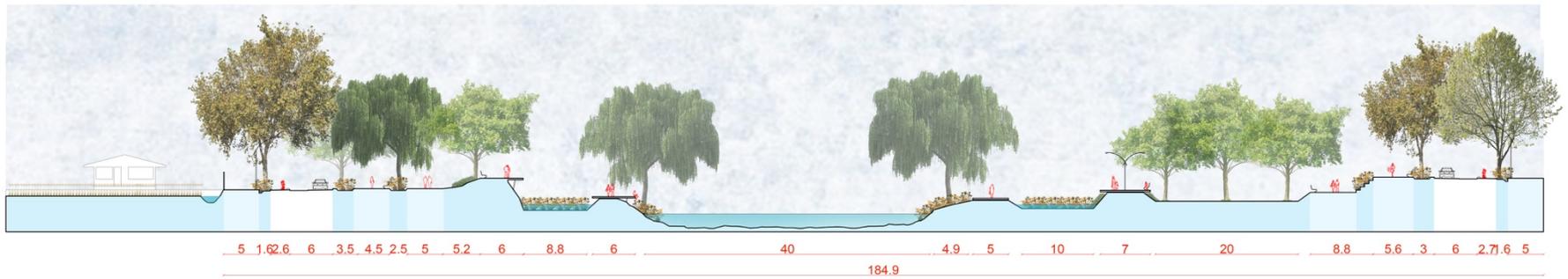
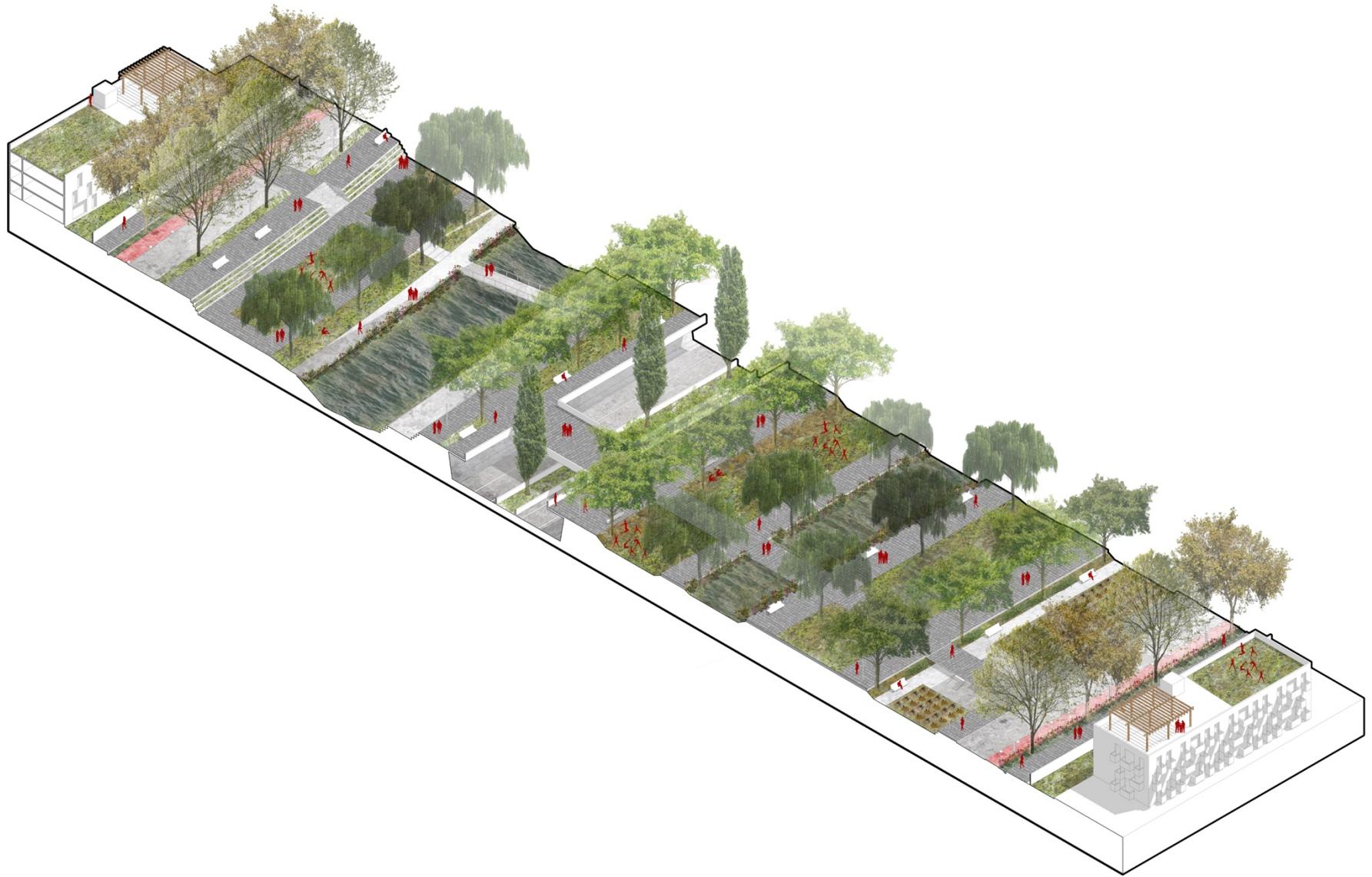


Figura 68: Cortes de proyecto. Frente sur y norte, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



*Figura 69: Corte de proyecto. Frente poniente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 70: Isométrica de proyecto, frente norte, verano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

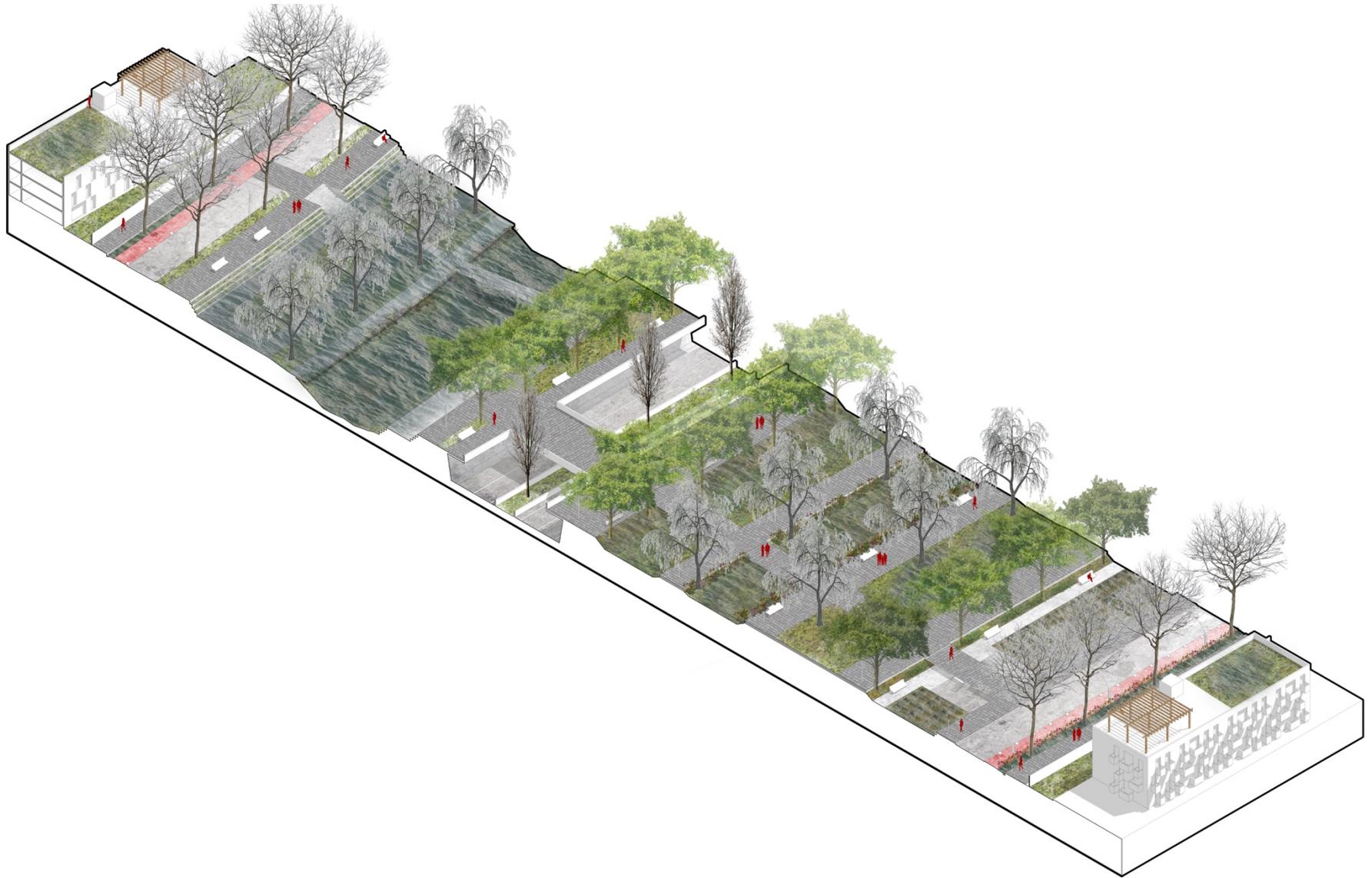


Figura 71: Isométrica de proyecto, frente norte, invierno.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Primero, en el caso del frente sur del *buffer*, se reduce la cantidad de vías de la carretera. El objetivo de esto es reducir el uso del automóvil considerando la introducción del tren Alameda-Melipilla, que, gracias a su funcionamiento, reduciría la cantidad de autos que ingresan a Santiago a través de esa vía. También se dispone el espacio del bandejón central hacia lado norte a modo de una ciclovía. A través de estas dos acciones se libera más espacio para las veredas de ambos lados. A estas se le introducen franjas de arbolado urbano de plátanos orientales, soportados por jardines de aguas y acequias de infiltración, capaces de infiltrar y dirigir el agua de las escorrentías urbanas. Este arbolado al mismo tiempo protege espacialmente a los peatones de los automóviles, mientras otorga sombra y temperaturas más cómodas para transitar por este eje. De forma paralela, se hace uso de los canales existentes como un elemento de diseño del espacio. Este canal se diseña con variados niveles y terrazas que son capaces de adaptarse a los distintos niveles de agua que puede adquirir el canal en función de las inundaciones y los episodios pluviales. De la misma forma, este canal actúa como una barrera de protección entre los peatones y el tren, mientras irriga una corrida de álamos que reducen los impactos sonoros del tren. El Cerro Gasco es modificado, introduciendo terrazas y trazados para peatones, que pueden acceder a él desde la zona residencial. Las canchas deportivas de este parque son rediseñadas como cuencas de retención. Se mantienen secas y disponibles para su uso, mientras son capaces de retener aguas lluvias y escorrentías urbanas durante episodios pluviales violentos. La calle junto al área residencial también incorpora nuevo arbolado apoyado por jardines de agua y áreas de bio-retención.

Segundo, en el caso del frente norte se incorporan sitios eriazos como un parque urbano. Este parque urbano, además de funcionar como una gran área verde, puede incorporar servicios y equipamientos, además de áreas deportivas y áreas para huerto urbano. Para que la autopista no represente una nueva barrera, esta puede soterrarse a modo de trinchera abierta, que puede ser cubierta para generar traspasos sobre ella. Este parque lineal se ve apoyado por su relación con el Zanjón de la Aguada. Se restablecen sus bordes de forma natural, recuperando hábitats

naturales para flora y fauna nativa. Aguas provenientes del Zanjón y de las escorrentías urbanas pueden ser utilizadas para la mantención del parque, además de regadío para los huertos urbanos, dispuestos para la comunidad. Su diseño debe incorporar distintos niveles y terrazas capaces de adaptar el uso del parque a distintos niveles del río, de forma que pueda manejar sus crecidas durante meses lluviosos. Este parque serviría como una continuación del Parque Inundable Víctor Jara, estableciéndose como un corredor verde y ecológico para la ciudad de Santiago.

Tercero, en el caso del frente poniente, se tratan los bordes degradados del río Mapocho. Se restituyen las áreas de extracción de áridos, mientras se incorpora flora nativa que puede comenzar un proceso de descontaminación del agua. Sus bordes se configuran como parques de borde-río, que al igual que en el Zanjón de la Aguada, pueden incorporar huertos urbanos dispuestos a la comunidad. Como se describió anteriormente, este parque de borde-río, se establece como mediador y frontera de protección entre las futuras urbanizaciones y las áreas agrícolas del poniente. Por esto su diseño puede incorporar vegetación y flora colonizadora que pueda al largo plazo crear las condiciones necesarias para otro tipo de vegetación de un mayor plazo de crecimiento. De la misma forma, este parque protege a las futuras urbanizaciones de posibles crecidas del río. Debe incorporar niveles y terrazas que permitan a través de su diseño, la retención y almacenamiento de grandes volúmenes de agua. Así, también se puede incorporar humedales y estanques que, a través de vegetación, puedan infiltrar y descontaminar escorrentías urbanas provenientes de los sectores más altos.

En el capítulo siguiente, se acercará el enfoque de proyecto a la meso-escala, la escala de la pieza de proyecto, correspondiente al eje 5 de Abril – Camino Rinconada. Este cambio de escala permitirá, además de definir las *líneas* y las *manchas*, enfocarse con un nivel más alto de detalle en como las estrategias de manejo de aguas lluvias se incorporan como un elemento de diseño del espacio urbano.



Figura 72: Imagen objetivo. Frente norte buffer en verano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



*Figura 73: Imagen objetivo. Frente norte buffer en invierno.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

Meso-escala: la pieza

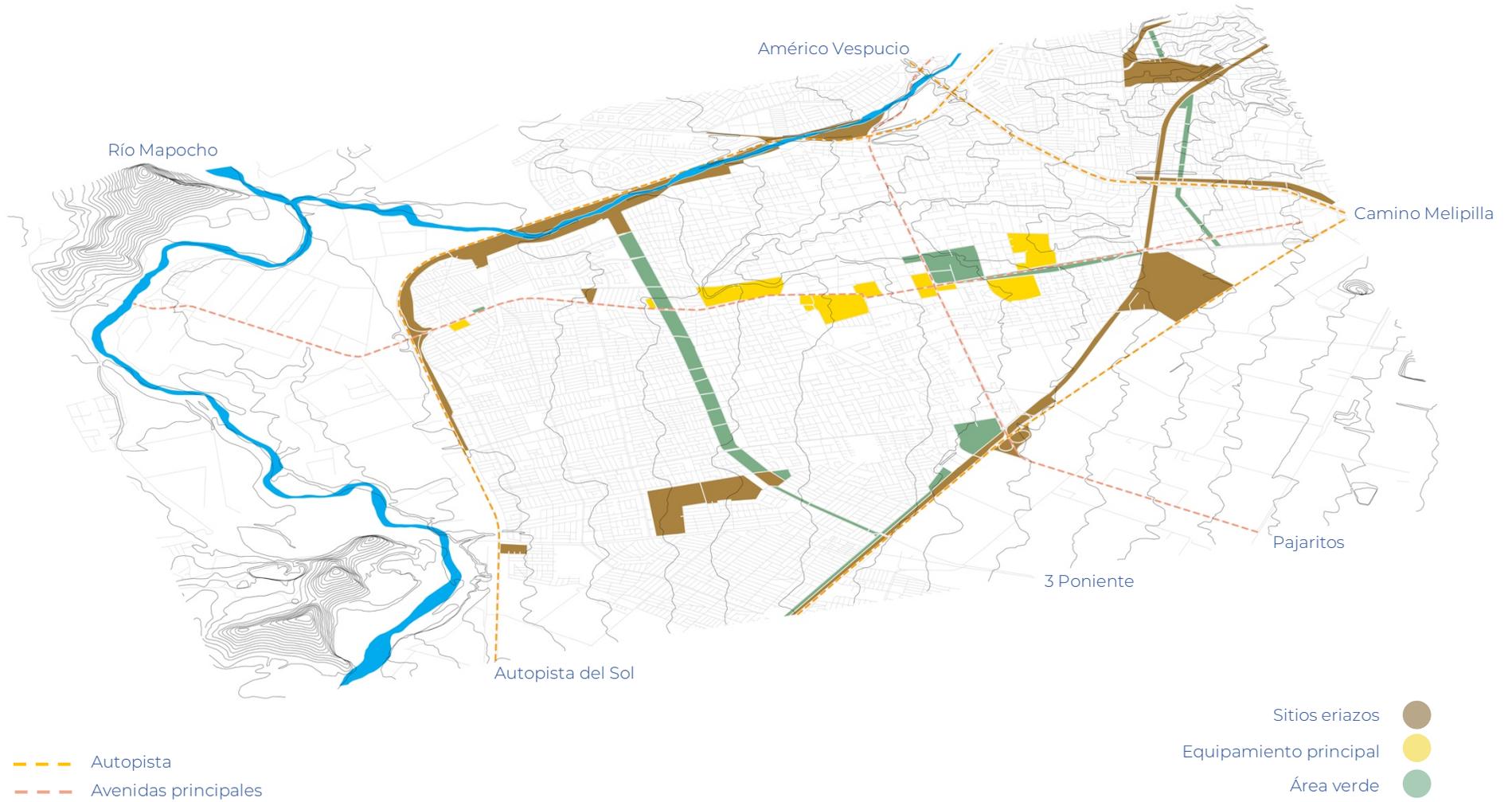


Figura 74: Ecosistema urbano fuera de equilibrio. Isométrica de levantamiento de principales problemas urbanos detectados en Maipú, asociados a la pieza de proyecto.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Mientras anteriormente se explicó la macro-escala, en este capítulo se tomará un camino similar, pero en otra escala, mucho más específica. La meso-escala nos permite evidenciar los problemas y las oportunidades de un eje fundacional para la comuna de Maipú, el eje 5 de Abril – Camino Rinconada. Además, tendremos la oportunidad de describir las *líneas* descritas en el capítulo anterior, asociadas a condiciones reales, evidenciando como las estrategias de manejo de aguas lluvias pueden ser utilizadas como herramientas de diseño del espacio urbano. Pero para empezar a describir el proyecto, es necesario entender que problemas presenta este eje, para después extraer cuales pueden ser los caminos posibles para el proyecto urbano. Esta pieza se debe entender dentro de un sistema mayor, y debe ser capaz de mostrar con un mayor detalle el impacto del agua en los espacios públicos (Figura 74).

El eje en sí, puede dividirse en 4 tramos más pequeños, que, si bien se encuentran uno tras otro, cumplen con condiciones y necesidades muy distintas. El primer tramo corresponde a 5 de Abril Oriente, entre su intersección con la línea del tren y la Plaza Central. El punto de intersección del eje con la línea del tren es uno de los puntos donde se proyecta una de las nuevas estaciones de tren. Junto a esto se encuentra uno de los terrenos descritos en el capítulo 4, el sitio eriazo de la Ex Fisa. Desde ese punto, hasta la Plaza Central, la calle cuenta con un gran bandejón central, que actúa como área verde, aunque esta carece de circulaciones o programa. Es más, es utilizado como un intermediario para un corredor de transporte público, lo que limita aún más su uso por parte de los habitantes a su alrededor. Su contexto es de una densidad baja, con vivienda de 1 o 2 pisos mayoritariamente, lo cual también limita el uso de este espacio público. Además de vivienda, se destacan algunos establecimientos educacionales, como Duoc UC y una sede de la Universidad de las Américas.

El segundo tramo corresponde a 5 de Abril Poniente, entre la Plaza Central y uno de los hitos de la comuna de Maipú, el Templo Votivo. Esta porción del eje adquiere por lo mismo un rol más cívico, al ser

utilizado para marchas y procesiones. Concentra la mayor parte de los equipamientos y servicios de la comuna. Si bien las veredas en este tramo son de un tamaño considerable, carecen de mobiliario y de arbolado, convirtiéndolas en un lugar muy inhóspito y poco llamativo al paseo. Sus alrededores también son de una baja densidad y de baja altura. La Plaza Central por otro lado, actúa como uno de los principales puntos de acceso hacia y desde la comuna, con la estación de metro que alberga en su interior.

El tercer tramo corresponde a la continuación del eje, que se convierte en Camino Rinconada. Este se articula entre el Templo Votivo, y la intersección del eje con la Autopista del Sol. Este tramo es de un gran tamaño, sin embargo, carece de cambios o hitos particulares. Solo algunos establecimientos educacionales y el Hospital El Carmen se erigen como equipamientos. Esta porción del eje actúa como articulador entre este y el Parque 3 Poniente, uno de los principales parques de la comuna. Tras su intersección con este, sus alrededores se convierten en mayoritariamente residenciales, con un nivel socioeconómico muy bajo y poco acceso a transporte o espacios públicos de calidad.

El cuarto tramo corresponde a la continuación de Camino Rinconada, entre su intersección con la Autopista del Sol y el río Mapocho. Esta porción del eje, si bien hoy es carácter agrícola y rural, será una de las principales vías de expansión a partir de la modificación del PRMS 100. Un canal corre a su costado, que es utilizado para el regadío de las cosechas en los sitios cercanos. Las veredas son pequeñas, mal conectadas y sin elementos que las separen de los automóviles, mientras al mismo tiempo carecen de iluminación, convirtiéndolas en un lugar peligroso durante la noche.

Lo anteriormente descrito puede ser evidenciado en los siguientes cortes, donde vemos cada uno de los tramos y sus problemas asociados (Figura 75, 76 y 77).

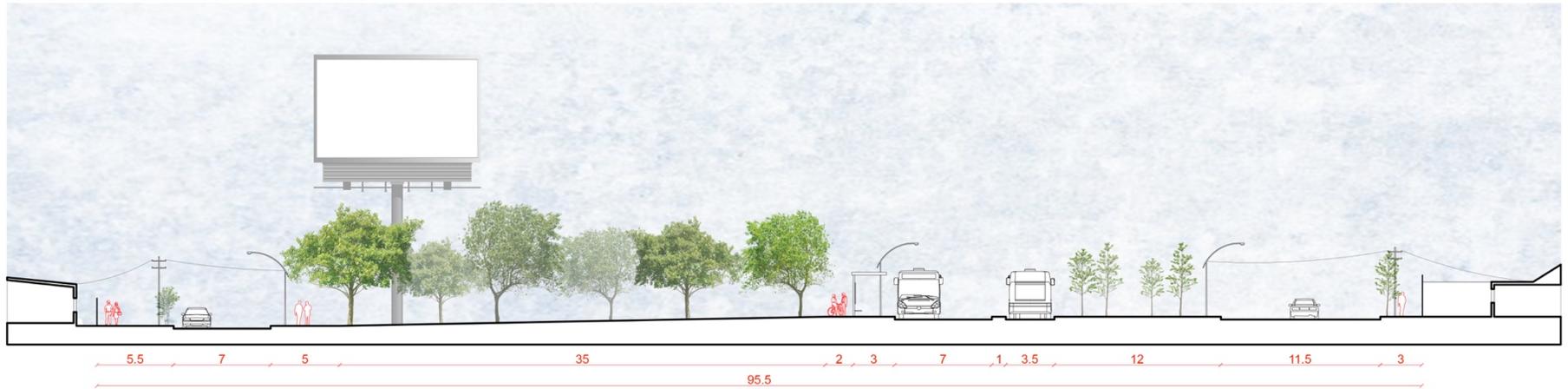


Figura 75: Corte tramo 1 y tramo 2, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

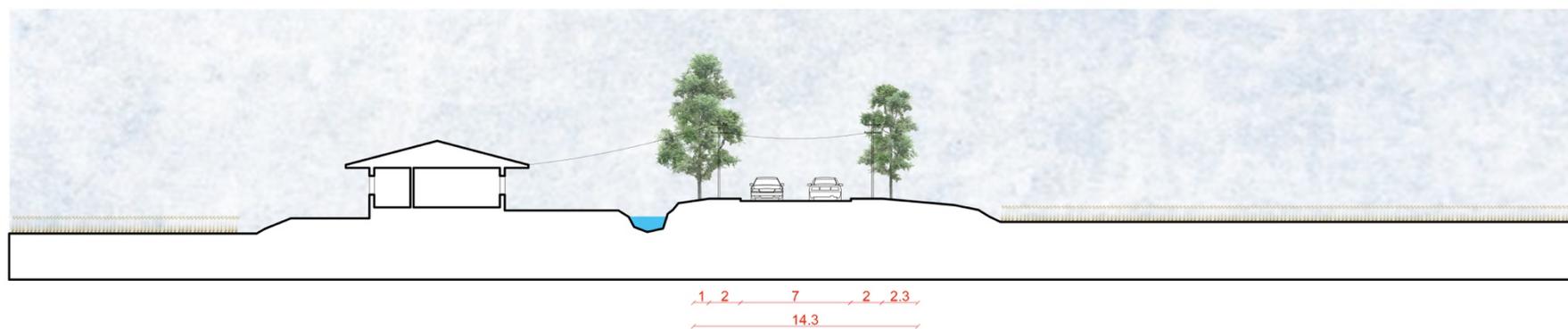
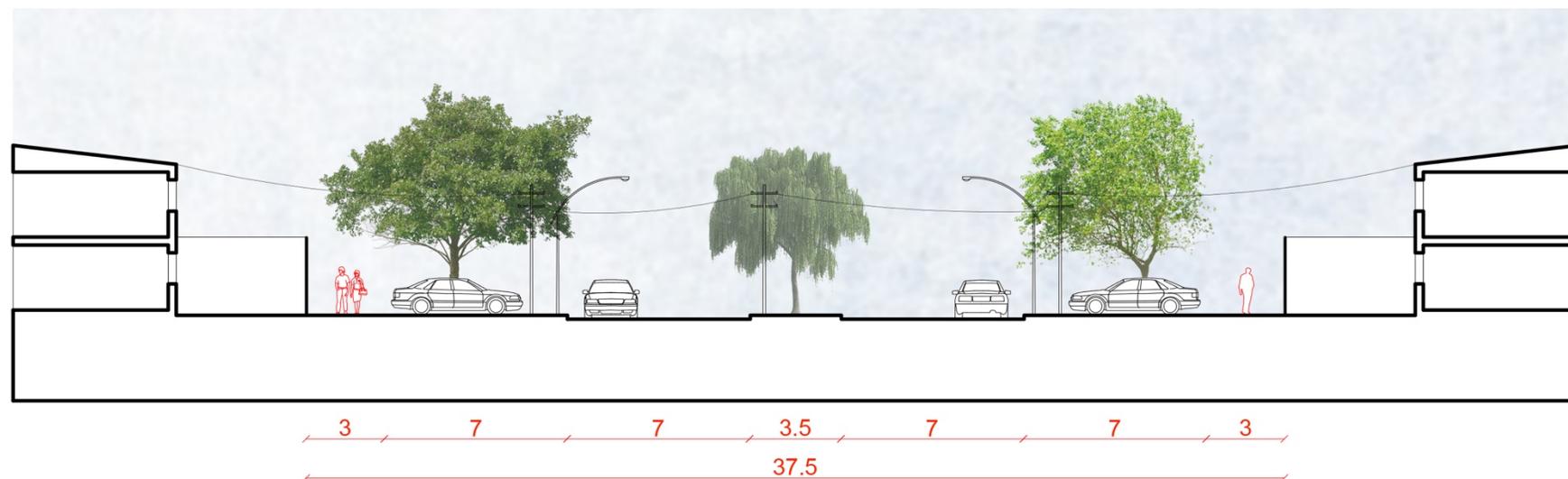


Figura: 76: Cortes tramo 3 y 4, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 77: Isométrica de levantamiento, tramo 2, 5 de Abril poniente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

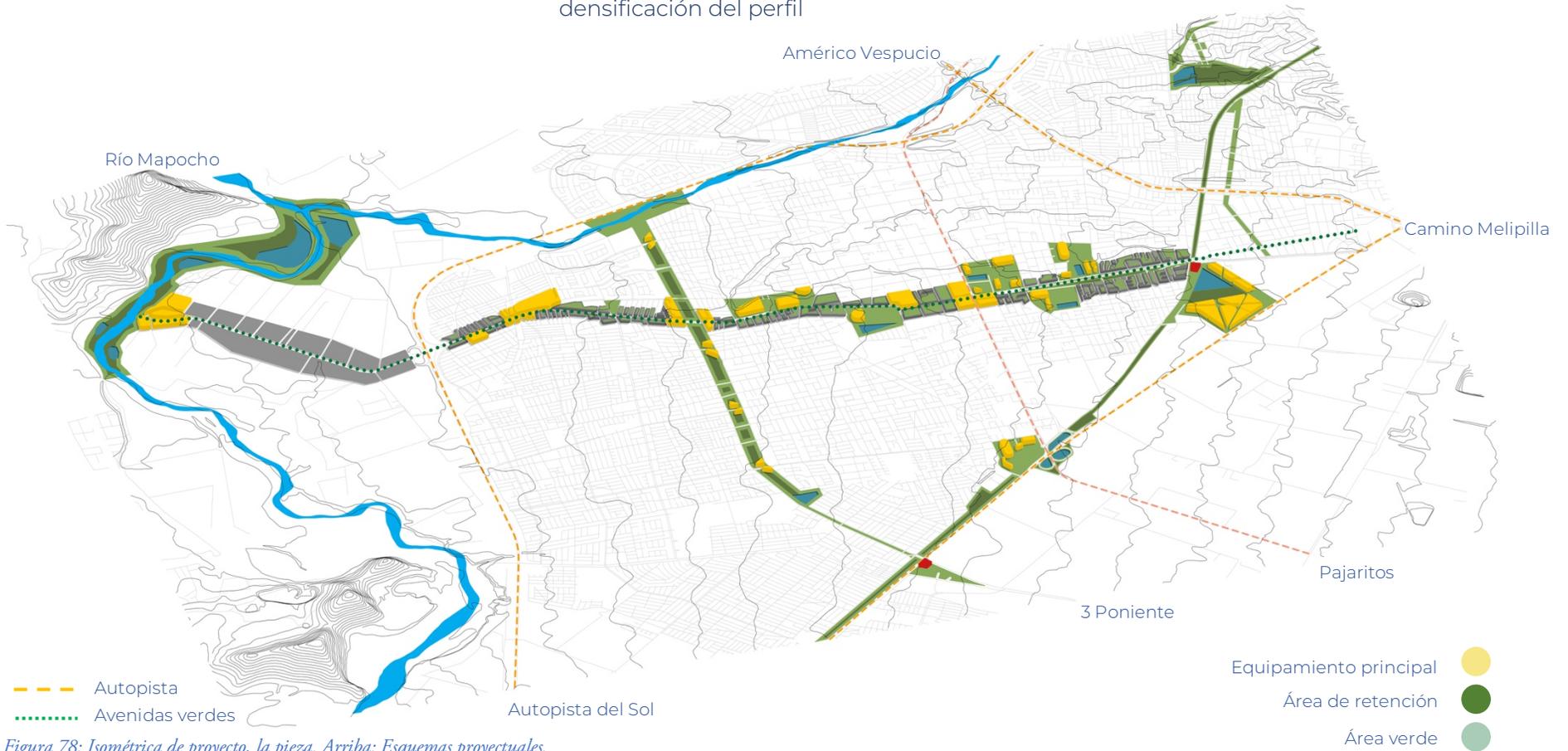
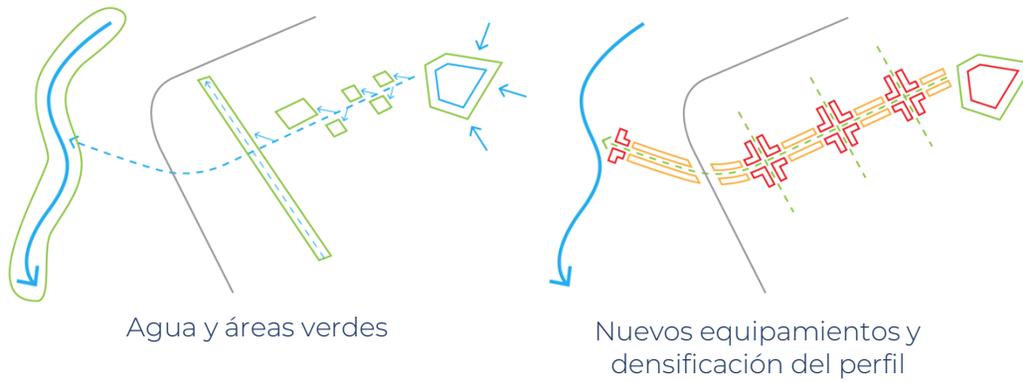


Figura 78: Isométrica de proyecto, la pieza. Arriba: Esquemas proyectuales.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

A partir de los problemas detectados a través de la pieza y el reconocimiento de sus 4 tramos, se crea la respuesta para esta pieza del proyecto. Esta pieza sería una parte representativa del proyecto, que lograrse tanto retratar los problemas más globales de la comuna, y al mismo tiempo, establecerse como una de las primeras posibles etapas del proyecto. Al igual que antes, se debe entender esta pieza como una parte de un sistema mayor, que, mediante la relación de elementos, se crea una red capaz de funcionar de forma flexible y dinámica. Para describir como el proyecto urbano se hace cargo de esta pieza, se separan en dos grandes ámbitos, que funcionan de forma retroactiva, lo funcional, ligado al agua, y lo programático, ligado al espacio urbano y sus usos (Figura 78).

Como parte esencial de este sistema, se encuentran las avenidas verdes, que anteriormente describimos como las *líneas*. En el caso de este eje, su dirección oriente-poniente genera que corra de forma perpendicular a la pendiente global de Maipú, a diferencia de las norte-sur que corren de forma paralela a la pendiente global. Esto facilita la movilización del agua a través de la avenida y del sistema. Para esto se emplean las acequias de infiltración, que junto a sistemas de jardines de lluvia y áreas de bio-retención, crean un sistema de retención adecuado para las escorrentías urbanas en episodios pluviales normales. Esto a su vez irriga el arbolado urbano, que varía de especie en especie según cada uno de los tramos anteriormente descritos. De la misma forma, se puede hacer uso de pavimentos permeables en veredas y estacionamientos para aumentar la capacidad de infiltración del suelo.

Estas *líneas* o avenidas verdes son las que se encargan de mover el agua entre *manchas* a la hora de que sea requerido. Dependiendo de su tamaño y espacio disponible, algunos parques y espacios públicos se establecen como áreas de almacenamiento temporal y otras como áreas de almacenamiento permanentes.

En el caso del terreno de la Ex Fisa, y los parques a lo largo del eje, se establecen como áreas de almacenamiento temporales, que a través del

sistema de acequias de infiltración, pueden recibir los excedentes en casos de episodios violentos de lluvias. El fin de este sistema es disminuir globalmente la velocidad con que el agua llega a su cauce natural, en este caso el río Mapocho. Parques como el Parque 3 Poniente y el parque central de 5 de Abril oriente se configuran entonces como principales áreas de retención debido a su gran tamaño, que pueden acoger variados niveles y terrazas en función de los niveles de agua precipitada. De la misma forma, la faja-vía y sus espacios asociados al tren deben ser capaces de contar con áreas de retención e infiltración, que a la vez puedan dirigir el agua rápidamente dentro del sistema, para así evitar las inundaciones características de Camino Melipilla. Herramientas como cuencas de infiltración o de retención deben emplearse de forma que puedan ser ocupadas como áreas recreativas cuando están secas.

En el caso de las áreas de almacenamiento permanentes, estas se configuran como humedales ubicados en el *buffer* de protección, en la intersección del eje con el río. Los humedales deben colocarse al final del sistema ya que solo son capaces de descontaminar agua como contaminantes pequeños, luego de haber pasado por el resto del sistema. Para esto, las avenidas verdes pueden contar con flora fito-depuradora que pueda descontaminar el agua en la medida que pasa. Para que esto sea efectivo, es necesario la disminución de la velocidad con la que se mueve el agua.

Adicionalmente, se implementan herramientas de techos verdes y jardines elevados en los edificios asociados a las avenidas verdes. Esta agua recolectada por cada edificio puede ser utilizada para el riego de áreas verdes privadas, o bien para riego de muros verdes y arbolado urbano frente a cada edificio. Para esto es necesario que el diseño de los edificios permita la recolección de esta agua o bien su redirección hacia el espacio público para ser infiltrada o retenida por alguna de las herramientas ya descritas.

Mientras esto se describe desde lo funcional, es inevitable que esto venga asociado al uso y programa del espacio urbano. A lo largo del proyecto, se hace uso de sitios eriazos para la creación de parques y desarrollos inmobiliarios. En el caso del terreno de la Ex Fisa, además de contener la nueva estación del tren en su esquina norte, este se diseña como un nuevo proyecto, que alberga servicios y equipamientos, que, mediante un parque y las áreas de almacenamiento temporales antes descrita, se articula con edificios de vivienda baja y mediana altura. Sobre este sitio en específico, se hablará en más detalle en el capítulo siguiente.

Como se describió anteriormente, a lo largo de las *líneas* se propone que sus bordes se edifiquen con edificios de vivienda, que mantengan en sus primeros niveles usos variados. Esta densificación de uso mixto crearía una especie de modelo a seguir para el resto de las calles de la comuna. En el caso del tramo 1 y 3 se puede mantener una densidad media, mientras que el tramo 2 puede adquirir una mayor densidad, de acorde a su rol más cívico y también respecto al hecho de que es una de las zonas más establecidas de la comuna. En el caso del tramo 4, debido a que aún su carácter es más rural, se debe diseñar una densidad baja, que pueda ser capaz de extender en la medida que las nuevas urbanizaciones del PRMS 100 empiecen a establecerse.

Los parques urbanos se rediseñan para cumplir con las estrategias necesarias de control de agua lluvia. Estas nuevas herramientas pueden darles una nueva atmósfera a estos parques, en donde el agua se instaura como un recurso paisajístico poco habitual en la ciudad, y menos en sectores periféricos de Santiago, como lo es la comuna de Maipú. El agua puede crear espacios recreativos como juegos, piscinas y estanques con flora y fauna, y espacios de retrospcción, que otorguen a la comunidad de un lugar en el cual aislarse.

En la intersección de estas avenidas verdes con otras avenidas de importancia en la comuna, se plantea que existan pequeños polos comerciales y de oficinas. Estos polos, además de crear nuevos empleos

para los habitantes de la comuna, disminuyen la desigualdad en acceso a servicios y equipamientos en las poblaciones más aisladas del sector poniente de la comuna. De la misma forma, estos actúan como catalizadores de inversión de capitales futuros en la comuna, ya que suben el precio de los sitios a su alrededor, que atrae a usuarios nuevos con mayores capitales económicos.

El parque de borde-río se genera como un nuevo parque urbano para la comuna, que, a la larga, pueda funcionar como un corredor ecológico dentro de la unión de espacios verdes dentro de la ciudad de Santiago. Protege a las nuevas urbanizaciones de posibles inundaciones del río y protege al río de que las nuevas urbanizaciones se acerquen demasiado al río, alterando y contaminándolo.

Ambos aspectos, lo funcional y lo programático, deben ser de carácter flexible y abierto, dispuesto al cambio a modificaciones que se deben hacer en un futuro, de acuerdo con nuevos proyectos de infraestructuras, tanto grises como verdes. Al igual que el agua, el proyecto debe buscar la forma de avanzar, cambiar de rumbo y modificarse a lo largo de su trayecto. Esto dotará al proyecto de la habilidad de seguir funcionando, aunque sufra pequeñas modificaciones (Figura 79 y 80).



Figura 79: Isométrica funcional.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

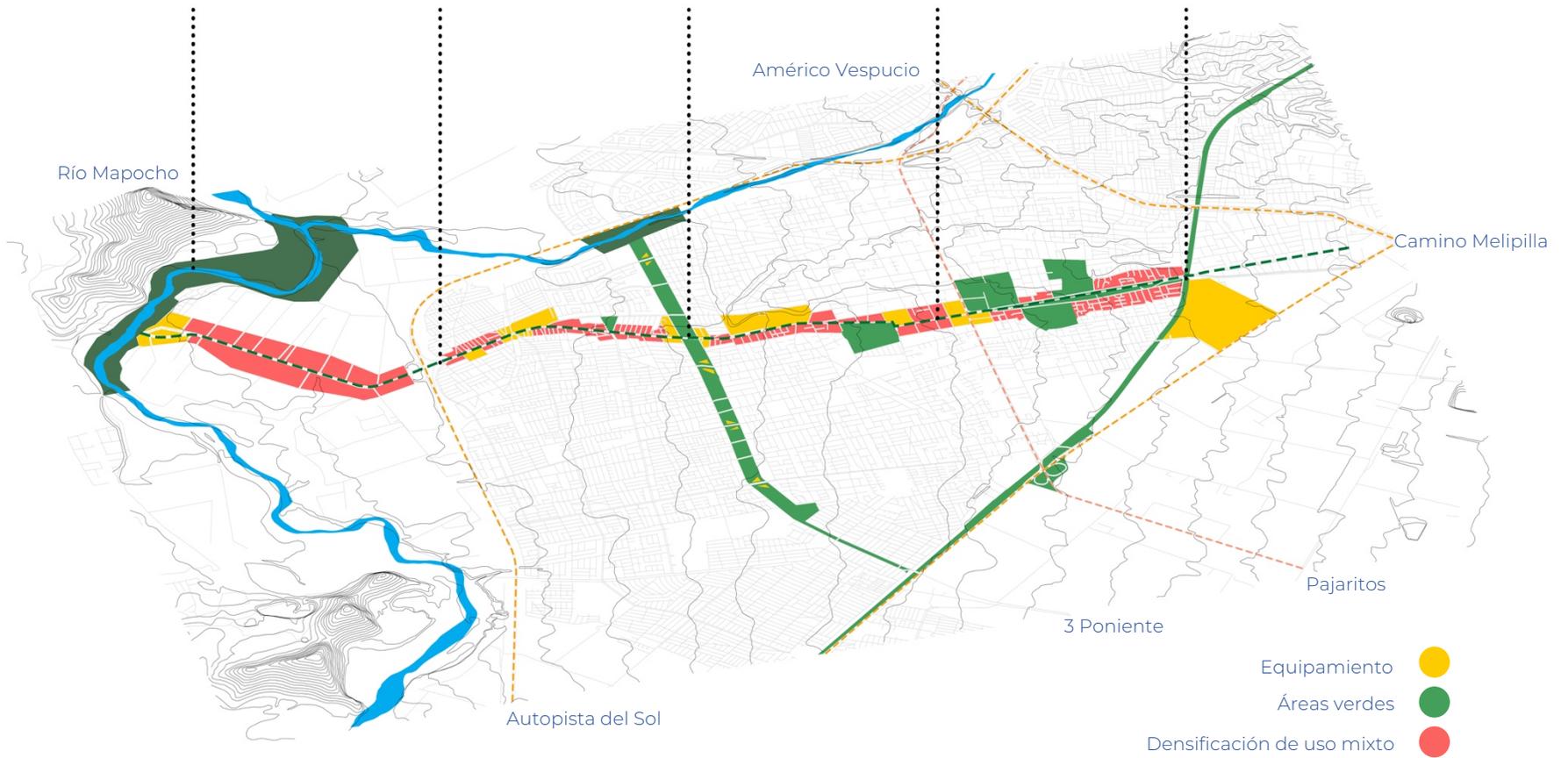


Figura 80: Isométrica programática.
 Fuente: Elaboración propia, 2020.

Antes de pasar a definir la espacialidad de cada uno de los tramos, es necesario que describamos uno de los principales elementos que construyen el espacio urbano, el arbolado. Estos otorgan orden y jerarquía a los flujos, mientras al mismo tiempo dan sombra y generan distintas espacialidades dependiendo de su follaje, forma, altura, color, entre otros. Las 4 principales especies utilizadas en el proyecto son el álamo negro, el plátano oriental, el pimiento y el sauce llorón. Cada una de estas especies cuentan con características únicas que harán de los espacios en donde son utilizados en espacios únicos también.

La primera especie corresponde al álamo negro. Este árbol puede llegar a alcanzar alturas promedio de entre 30 y 35 metros. Esto lo ayuda a generar perspectivas y a actuar como cerramientos o *muros verdes* que bloquean el viento. Su hoja es caduca, lo cual es un beneficio en una ciudad como Santiago, considerando las bajas temperaturas que se alcanzan durante el invierno. Su crecimiento es rápido, pero cuenta con un alto requerimiento hídrico, y por lo mismo, sus raíces tienden a ser más superficiales. Considerando el manejo del agua que se proyecta, el requerimiento hídrico no debería ser un problema, pero si es necesario que los espacios donde se ubican cuenten con el espacio suficiente para que no dañe otras estructuras. Por esto se selecciona este árbol para el tramo 2, que con su carácter cívico, el árbol apoya a generar la perspectiva hacia el hito de la comuna, el Templo Votivo. También puede ser incorporado en un costado de la faja vía del tren, para disminuir la contaminación acústica de su movimiento.

La segunda especie corresponde al plátano oriental. Este árbol puede llegar a alcanzar alturas promedio de entre 30 y 35 metros. A diferencia del álamo, que genera una espacialidad vertical y de perspectiva con su forma alta y esbelta, el plátano oriental genera espacios abovedados y contenidos. Su gran altura permite el tránsito de vehículos, peatones y todo otro tipo de flujos, acogidos por una gran bóveda verde. Esto se ve apoyado por el hecho de que su hoja es caduca, lo que otorga una gran sombra en verano, y deja pasar el sol en los meses más fríos. Su crecimiento es rápido y tiene un requerimiento hídrico medio, lo cual

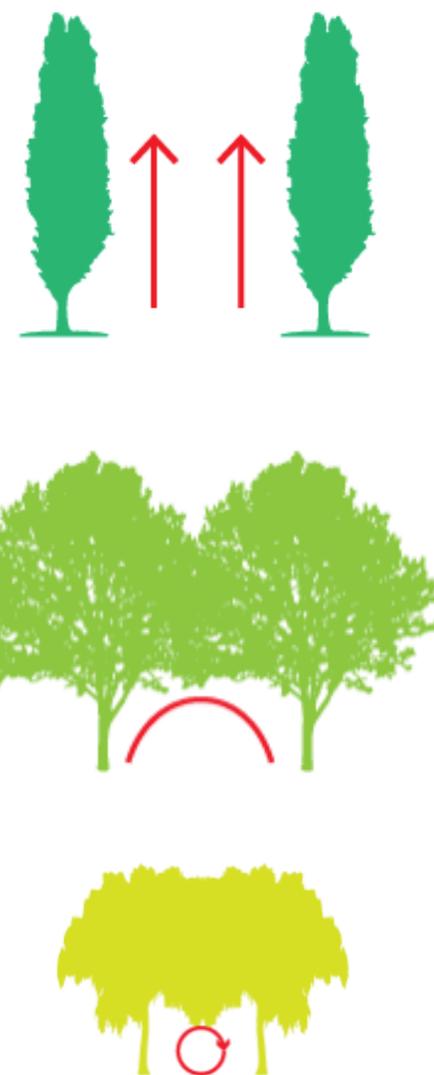


Figura 81: Esquemas espaciales de cada especie, álamo, plátano oriental y sauce y pimiento, respectivamente.

Fuente: Elaboración propia, 2020.

lo convierte en un gran árbol para la ciudad que se proyecta. Sus raíces, a diferencia de las de álamo, son profundas, por lo que no suelen dañar veredas o calles, si se les deja suficiente espacio para crecer adecuadamente. Este árbol es elegido para tramos como 3 y 4, que gracias a su espacialidad abovedada puede generar espacios adecuados y llamativos al paseo. También es utilizado en los costados del tramo 1, en combinación con los siguientes árboles.

La tercera y la cuarta especie son el pimientito y sauce llorón. Estos árboles alcanzan alturas de entre 15 y 20 metros. Su menor altura y su frondoso follaje generan buenas sombras para espacios estancos. Por lo mismo son utilizados en plazas y parques, de forma de generar recorridos entre zonas estancas, apoyados por posibles programas dentro de los parques. Mientras el pimientito cuenta con hojas perennes, o siempre verdes, el sauce llorón cuenta con hojas caducas. Esta dualidad en cuanto a su hoja, los puede diferenciar en uso dependiendo de los espacios en donde se quieran utilizar. Pimientitos pueden utilizarse para dar sombra a recorridos transitados, mientras el sauce puede utilizarse en accesos o plazas duras. Ambos árboles son de crecimiento rápido y requerimientos hídricos bajos, lo que los convierte en una buena especie, considerando las posibles épocas de sequía que podría tener la comuna en un futuro, reduciendo gastos de mantención. Si bien el pimientito cuenta con raíces superficiales y el sauce con raíces profundas, su uso en parques y plazas debería hacer que no genere problemas. Estas especies se ocupan de forma constante a lo largo del proyecto, como en el parque central de 5 de Abril oriente o en el bandejón central de Camino Rinconada oriente (Figura 81 y 82).

Estas son las principales especies usadas, y su incorporación tiene por objetivo condicionar los espacios urbanos a partir del arbolado que se utiliza en ellos. Esto en combinación con las estrategias de manejo de agua descrita previamente, generarán nuevos espacios urbanos, donde se recuperan las espacialidades rurales del Maipú agrícola. A continuación, se muestran los cortes de proyecto de cada tramo (Figura 83, 84, 85 y 86).

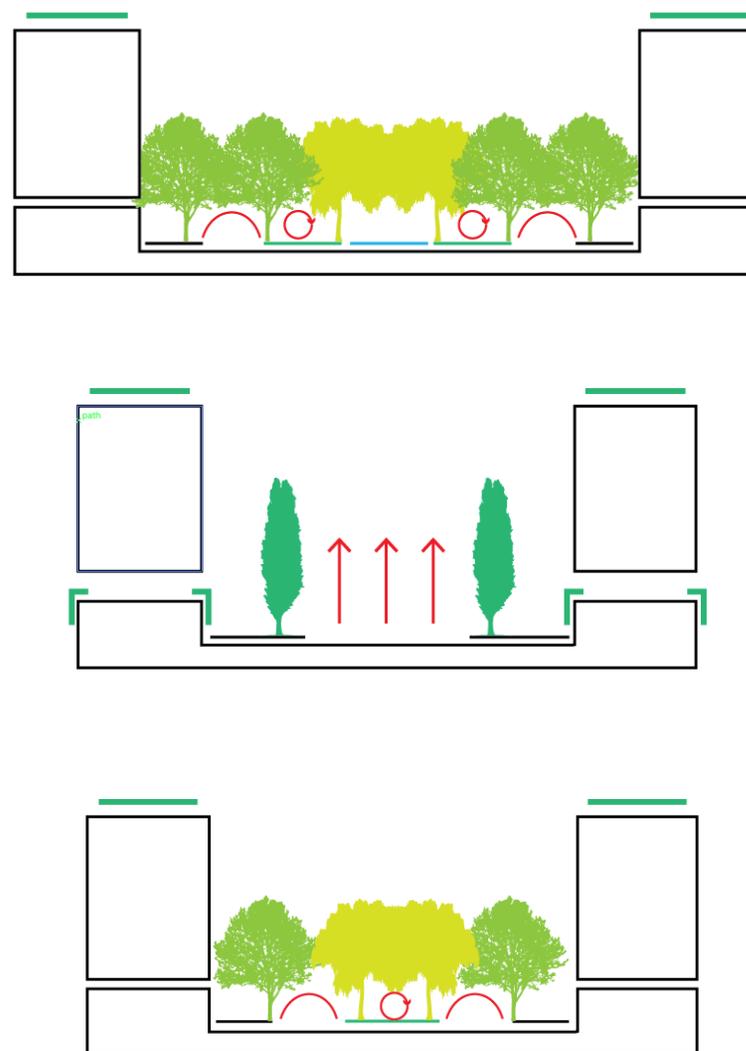


Figura 82: Esquemas espaciales de cada corte tipo de los tramos. Tramo 1, 2 y 3 y 4, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

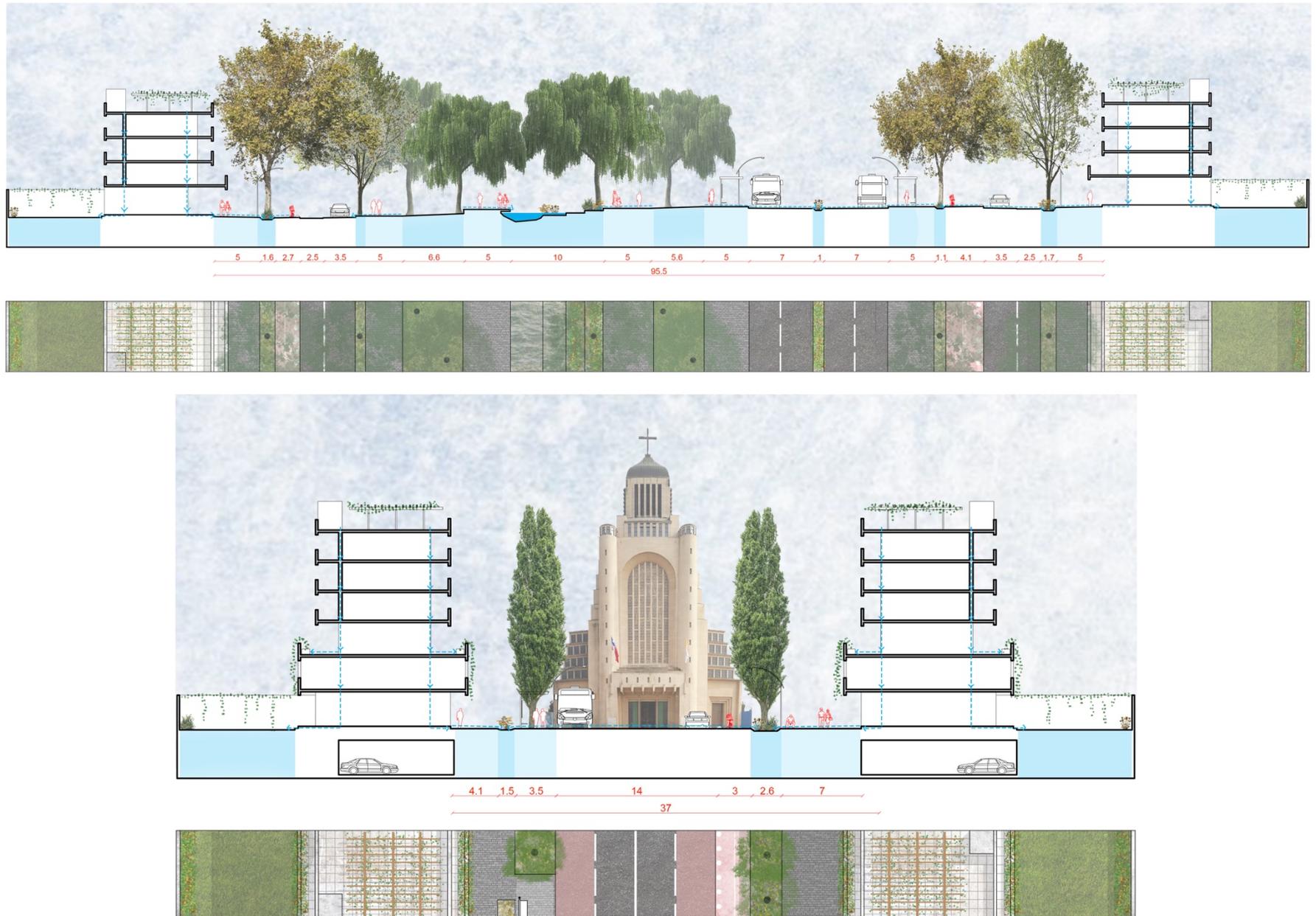


Figura 83: Cortes de proyecto. Tramo 1 y 2, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

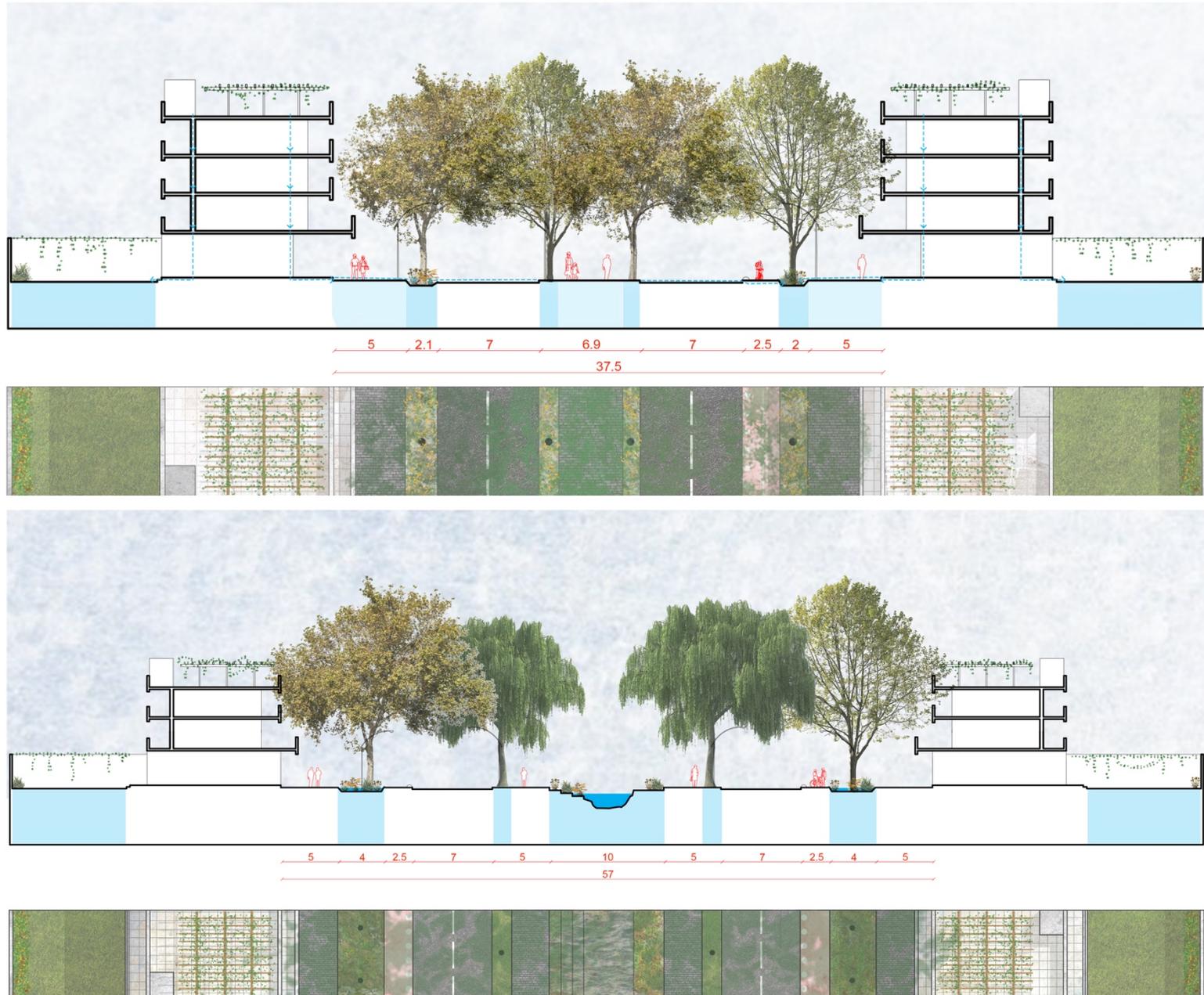


Figura 84: Cortes de proyecto- Tramo 3 y 4, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

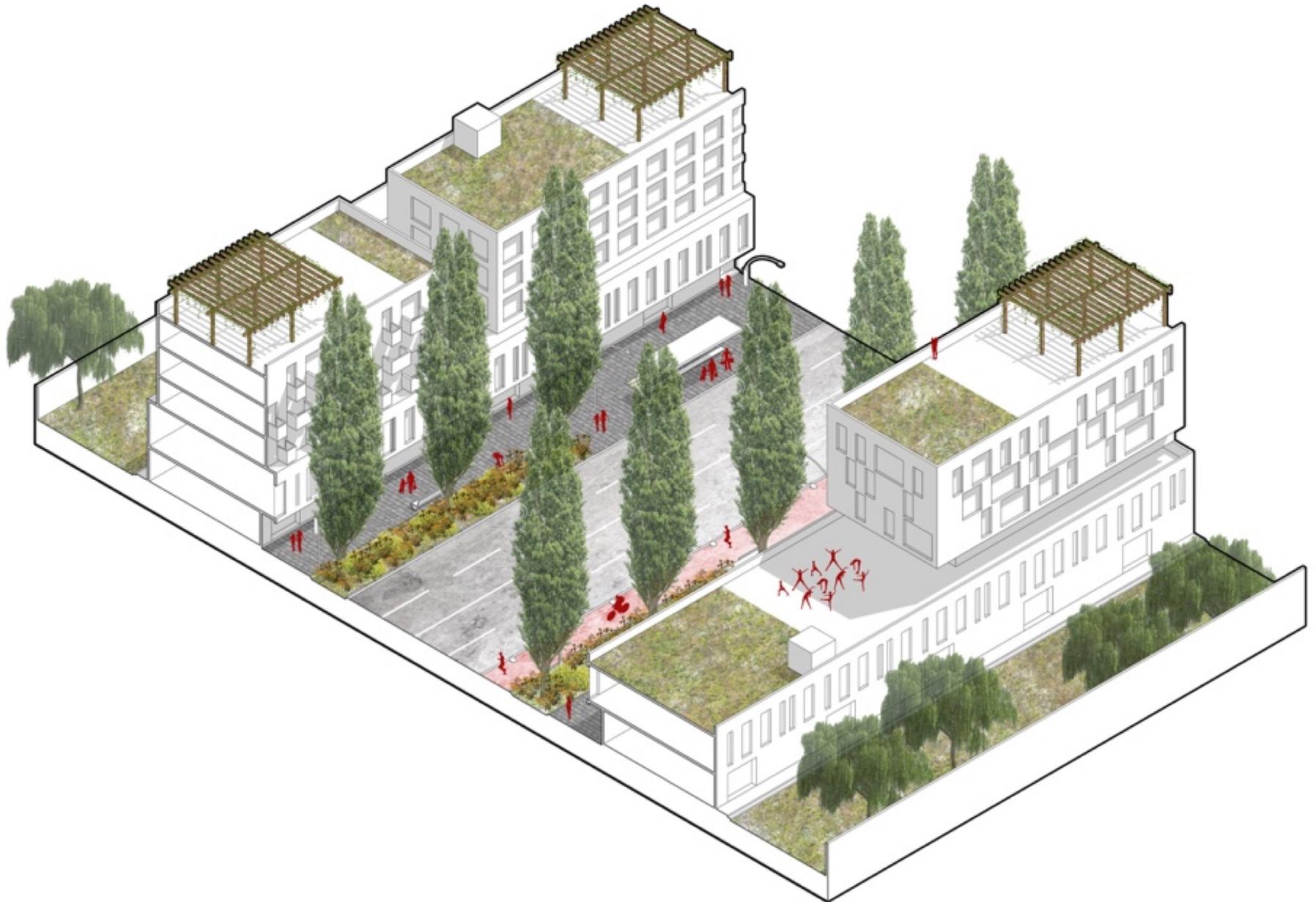
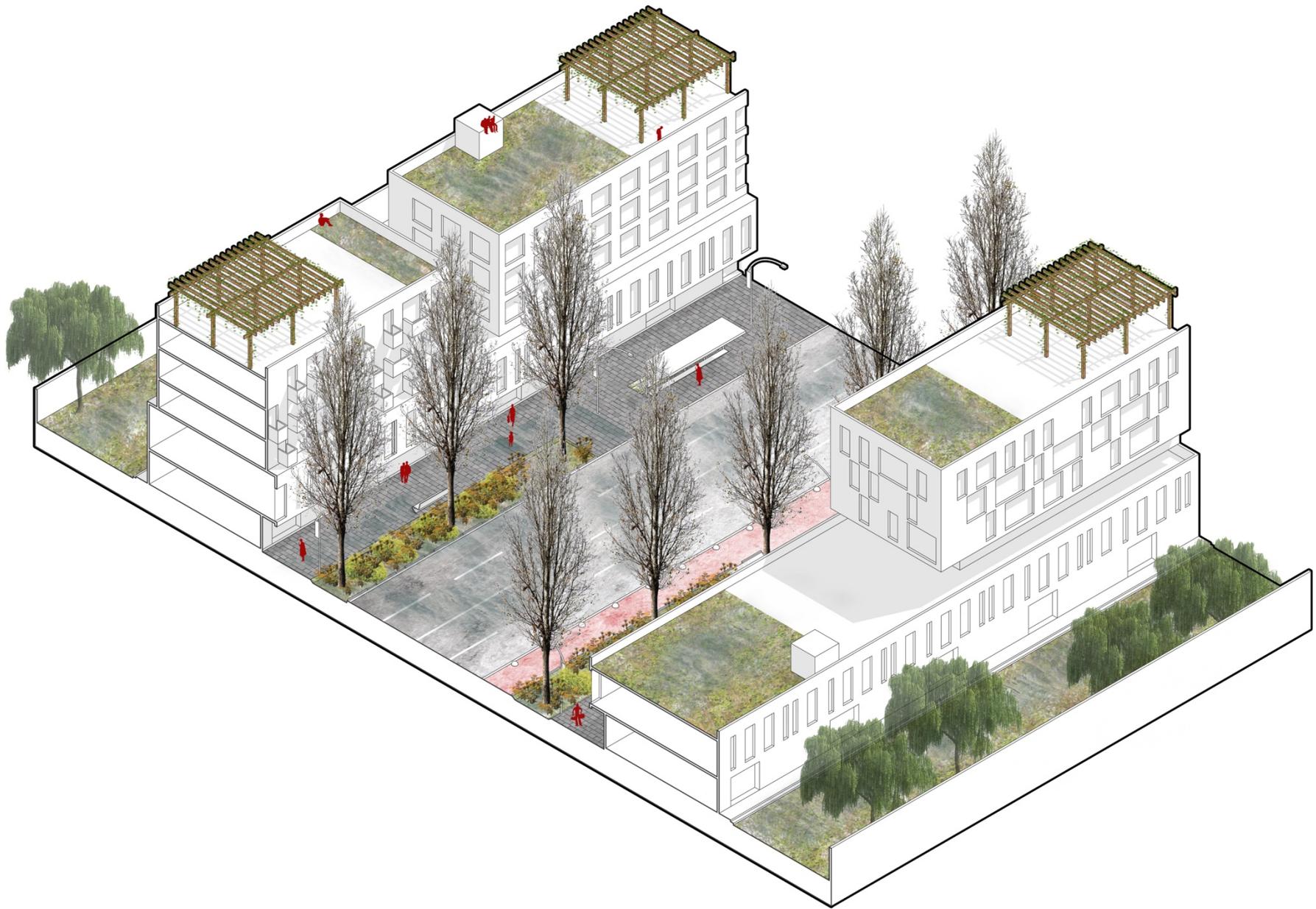


Figura 85: Isométrica de proyecto, tramo 2, 5 de abril poniente, verano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



*Figura 86: Isométrica de proyecto, tramo 2, 5 de Abril poniente, invierno.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

En el caso del corte tipo para el tramo 1, se empieza por incluir, edificios de vivienda con densidades mayores a lo que existe actualmente. Esto en vista de que el espacio público sería de mejor calidad, y debido a que esta nueva población estaría apoyada por el tren para su movilización hacia el resto de la comuna y de Santiago. Como se mencionó anteriormente, estos edificios pueden incluir techos verdes, que puedan redirigir las aguas para su reutilización en regadío en sus mismos jardines, o bien puede ser depositada en jardines de lluvia o áreas de bio-retención en la calle. A ambos lados se incorporan plátanos orientales sobre las calles vehiculares, que se reducen a dos pistas por lado, con una ciclovía paralela. La inclinación de estas se diseña para las escorrentías de la calle lleguen a los jardines de lluvia antes mencionado. Esto mantiene vegetación y ayuda con el regadío del arbolado. Esta misma vegetación y sus sustratos filtran el agua antes de que esta se infiltre o se incorpore a sistemas de drenaje urbano. Un diseño similar es utilizado en el corredor de transporte público. La parte más ancha del parque central de este tramo incorpora una cuenca de retención, que puede contener un pequeño cauce natural que corra de forma superficial. Para esto se diseñan diferentes niveles que puedan acoger distintos niveles, en función de las precipitaciones. Para esta área interna se incorporan sauces y pimientos, que se ayudan del cauce de agua para su irrigación, dotando sus bordes de sombra y espacios para el paseo. Veredas y áreas de estacionamiento en la calle pueden incorporar pavimentos permeables para aumentar la capacidad de infiltración del suelo urbano.

En caso del corte tipo para el tramo 2, la edificación se eleva para albergar mayores densidades, en vista de que se trata de una zona céntrica de la comuna, ya establecida y bien abastecida de equipamientos. Se puede incorporar enredaderas o jardines elevados, que pueden ser regados con agua recolectada de techos y jardines. Se mantiene una placa comercial de dos pisos, que también puede albergar usos como oficinas o servicios. Como se describió antes, se incorporan los álamos negros para formar la perspectiva hacia el Templo Votivo. Considerando el rol cívico de este tramo, se busca la mantención de un

solo nivel, sin diferencias de altura entre veredas y calzadas. Esto en vista de que podría ser utilizado para marchas o procesiones, caso en que el tramo podría ser cerrado para el tránsito vehicular, destinándolo completamente a los peatones.

En el caso del corte tipo para el tramo 3, se hace uso de sus veredas existentes, incorporando espacio para plátanos orientales en ambos sentidos. Además, se incorpora un ciclo vía a un lado, como continuación del eje. Al centro se hace uso del bandejón existente. Este se ensancha y se le incorpora el arbolado, que otorga sombra en el verano, promoviendo el estar, y que durante los meses de invierno puede ser utilizado como un lugar para el paseo. Como en los otros tramos, se incorpora edificación con mayores densidades a las actuales.

En el caso del corte tipo para el tramo 4, la edificación que se proyecta inicialmente es baja altura, pero aun así con una mayor densidad que la existente. Esto en vista de que el sector aún no se encuentra urbanizado. Por lo mismo, el diseño de estas edificaciones debería poder adaptarse en un futuro, incorporando más pisos. Además de pavimentos permeables y jardines de agua, se hace uso del canal existente, posicionándolo en un bandejón central, que junto a sauces y pimientos puede generar espacios de paseo y permanencia.

Mientras este capítulo trata la meso-escala, o la escala de la pieza, el siguiente capítulo, tratará la micro-escala, o la escala del punto detonante. También definimos los parámetros de diseño para las *líneas*, por lo que hace falta describir las *manchas*. Este punto detonante, se establece como el punto de inicio del proyecto, como aquel que, al igual que la pieza, implementa las herramientas antes descritas para instaurar una especie de modelo a seguir para futuros desarrollos inmobiliarios. Para esto, se ha elegido el sitio eriazado de la Ex Fisa, para el desarrollo de un polo de servicios y logística, y zonas de vivienda de media y alta densidad, que articulados por un parque, se establecen a partir de una estación del tren Alameda-Melipilla, en la intersección de la faja vía con el eje 5 de Abril.



Figura 87: Imagen objetivo, Tramo 2 en verano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 88: Imagen objetivo. Tramo 2 en invierno.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Micro-escala: el punto detonante

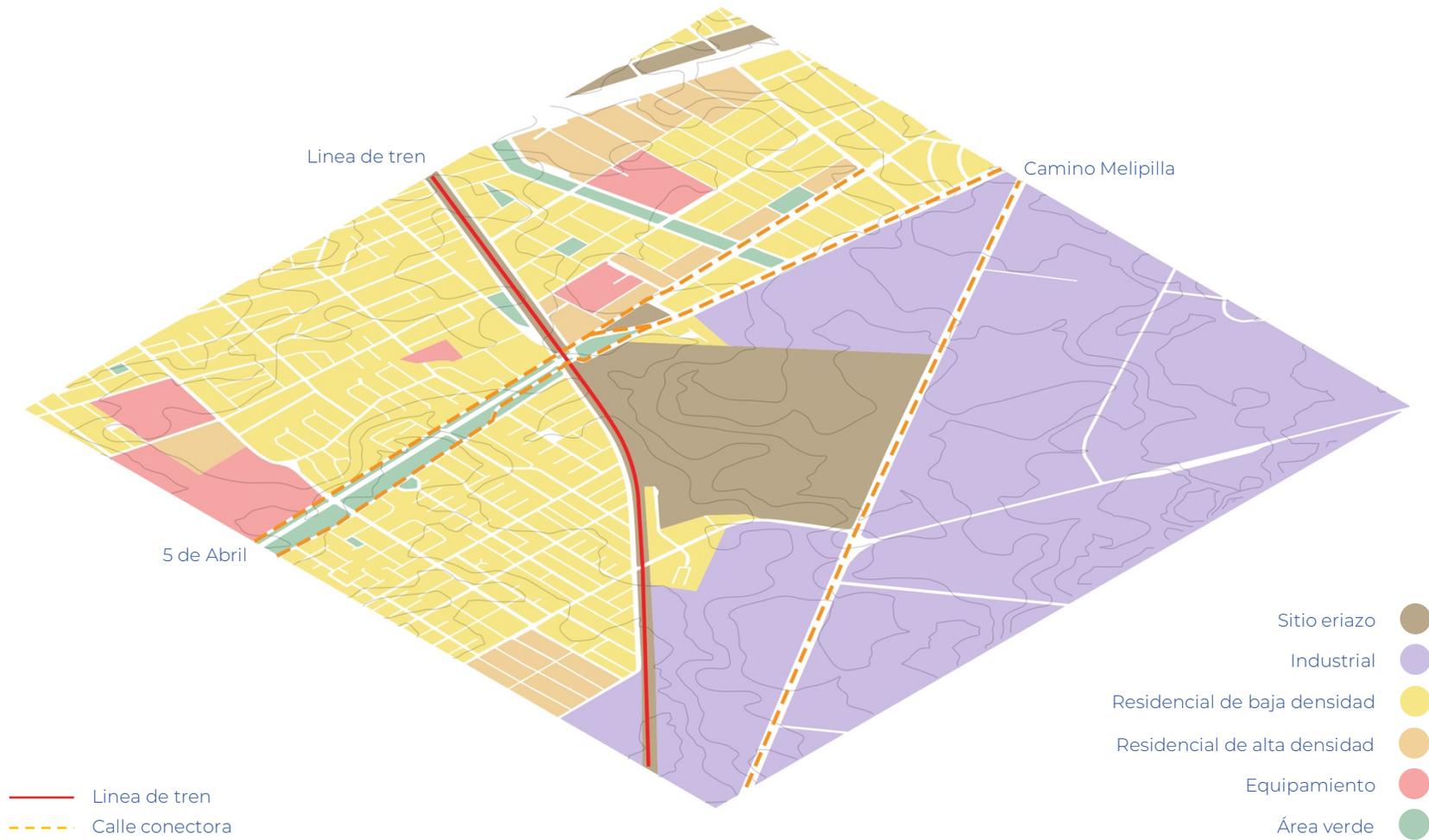


Figura 89: Isométrica de levantamiento usos y tejido urbano punto detonante.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

Este último capítulo tratará la micro-escala, la escala del punto detonante. Este adquiere ese nombre ya que se configura como el punto inicial del proyecto, que detona la realización del resto de la propuesta. Además, nos dará la oportunidad de definir las estrategias que pueden utilizarse en para el diseño urbano de una *mancha*. Como se mencionó, el sitio elegido se encuentra dentro de la pieza de proyecto antes descrita, y es el sitio eriazado de la Ex Fisa. Como lo indica su nombre, corresponde al sitio utilizado antiguamente para la Feria Internacional de Santiago. En esta feria se expusieron los adelantos tecnológicos provenientes del resto del mundo, dándole la oportunidad a las empresas chilenas de generar contratos con aquellas empresas extranjeras (FISA S.A., n.d.). Su posterior desmantelación derivó a lo que es hoy, un terreno sin uso, en relación con el tren y Camino Melipilla. Alberga una tienda de artículos de construcción Easy, perteneciente a la empresa Cencosud. Cuenta con un área aproximada de 35 hectáreas. Este sitio albergará en su esquina norte la nueva estación del tren, en su intersección con el eje 5 de Abril. Por lo mismo, adquiere un carácter funcional, y la memoria de la Fisa puede otorgarle un programa, que pueda ser complementado con otros usos, como comercio, vivienda, áreas verdes, etc (Figura 89).

En la imagen anterior, podemos ver la situación actual del sitio y su contexto inmediato. Podemos ver alrededor del sitio, dos usos principales, muy característicos de Maipú, y al mismo tiempo, muy característico de otras zonas periféricas de Santiago. Estos dos usos son la vivienda o las zonas residenciales, que en este caso se concentran hacia el lado nor-poniente, y la industria, que se concentra hacia el lado sur-oriente. Del lado residencial podemos ver que su mayoría es de vivienda de baja densidad, con casas de 1 a 2 pisos, con algunos pocos proyectos de vivienda en una mayor densidad con alturas promedio de entre 4 y 5 pisos. Por otro lado, las industrias a su alrededor se levantan como bodegas de gran tamaño, con usos y fines de todo tipo, desde transporte, almacenamiento, alimentos, etc. Adicionalmente el sitio se encuentra rodeado de algunos equipamientos, principalmente

educacionales y deportivos, con algunas escuelas, campus universitarios y estadios municipales.

Desde el punto de vista de su tejido urbano circundante, podemos ver que se encuentra bien conectado. Camino Melipilla al sur-oriente lo conecta con el centro de Santiago, al converger con la Avenida Pedro Aguirre Cerda más al norte. Esta misma calle lo conecta con la Autopista Américo Vespucio Sur, que le da rápido acceso a otras comunas de Santiago. Finalmente, se encuentra bien conectado con el eje 5 de Abril – Camino Rinconada, lo que le da acceso rápido al resto de la comuna hacia el poniente. A pesar de esto, tiene algunas dificultades. Sus principales frentes presentan dos situaciones distintas. Su frente sur, da hacia Camino Melipilla, por lo que su acceso es expedito. Por el contrario, su frente norte colinda con la Avenida Del Ferrocarril, pero entre ella se encuentra la faja vía del tren. Esto puede entorpecer el tránsito peatonal y vehicular para acceder al sitio de proyecto. También el encuentro de esta última con el eje 5 de Abril es de baja calidad y entorpece el movimiento vehicular, además de contar con la línea de tren pasando a nivel, que detiene el flujo.

Por último, podemos reconocer su condición topográfica. Su punto más elevado se encuentra junto a Camino Melipilla, para luego descender aproximadamente 6 a 8 metros, en un desarrollo de 500 metros, dando un pendiente promedio de entre 2 a 3%. La zona más baja corresponde a su lado poniente, junto a la faja vía del tren. Entre puede llegar a representar un problema a la hora de episodios de lluvia muy violentos, ya que la escorrentía superficial del terreno puede depositar el agua sobre la vía del tren y en zonas residenciales cercanas. Y no hay ningún tipo de canal que pueda evacuar el agua de forma natural en este caso.

A continuación, vemos la propuesta de diseño para este sitio y como incorpora las estrategias de manejo de agua lluvia para el desarrollo del espacio público (Figura 90, 91, 92 y 93).

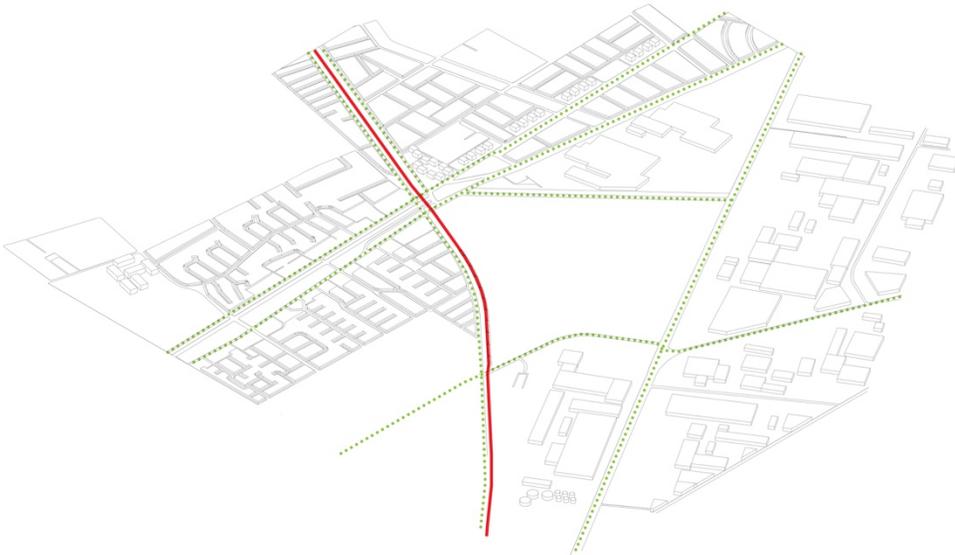
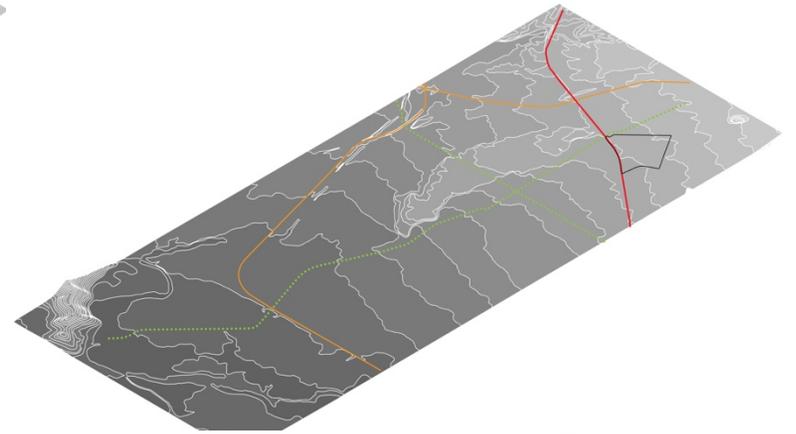
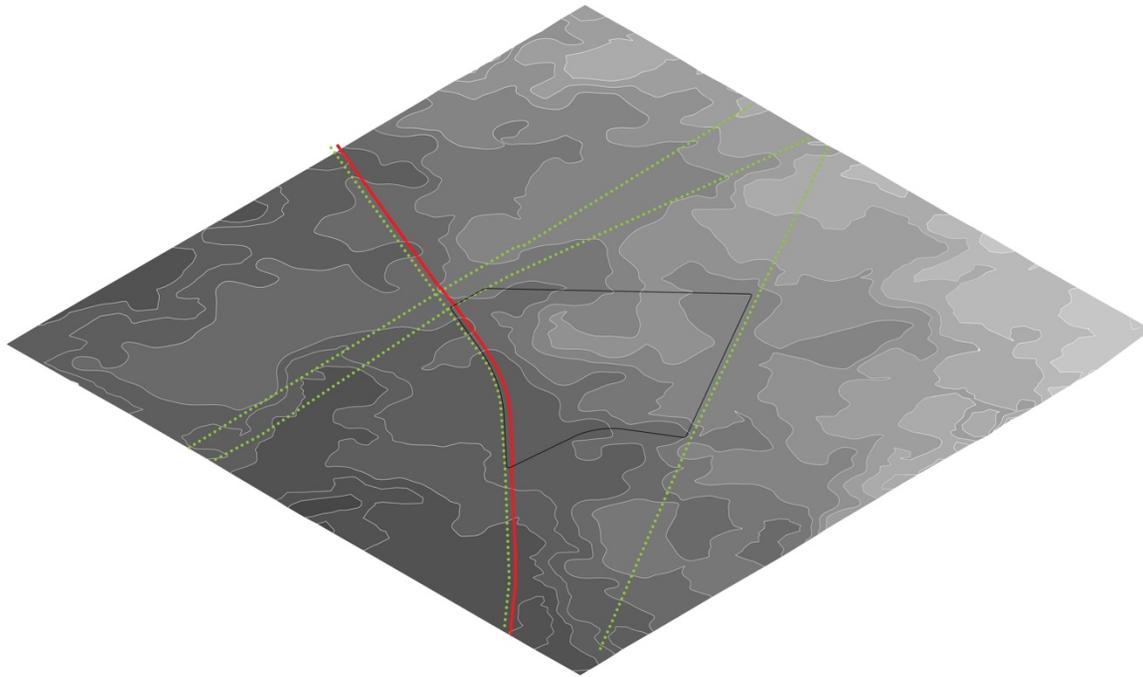


Figura 90: Isométricas de proyecto. Topografía y estructura vial, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

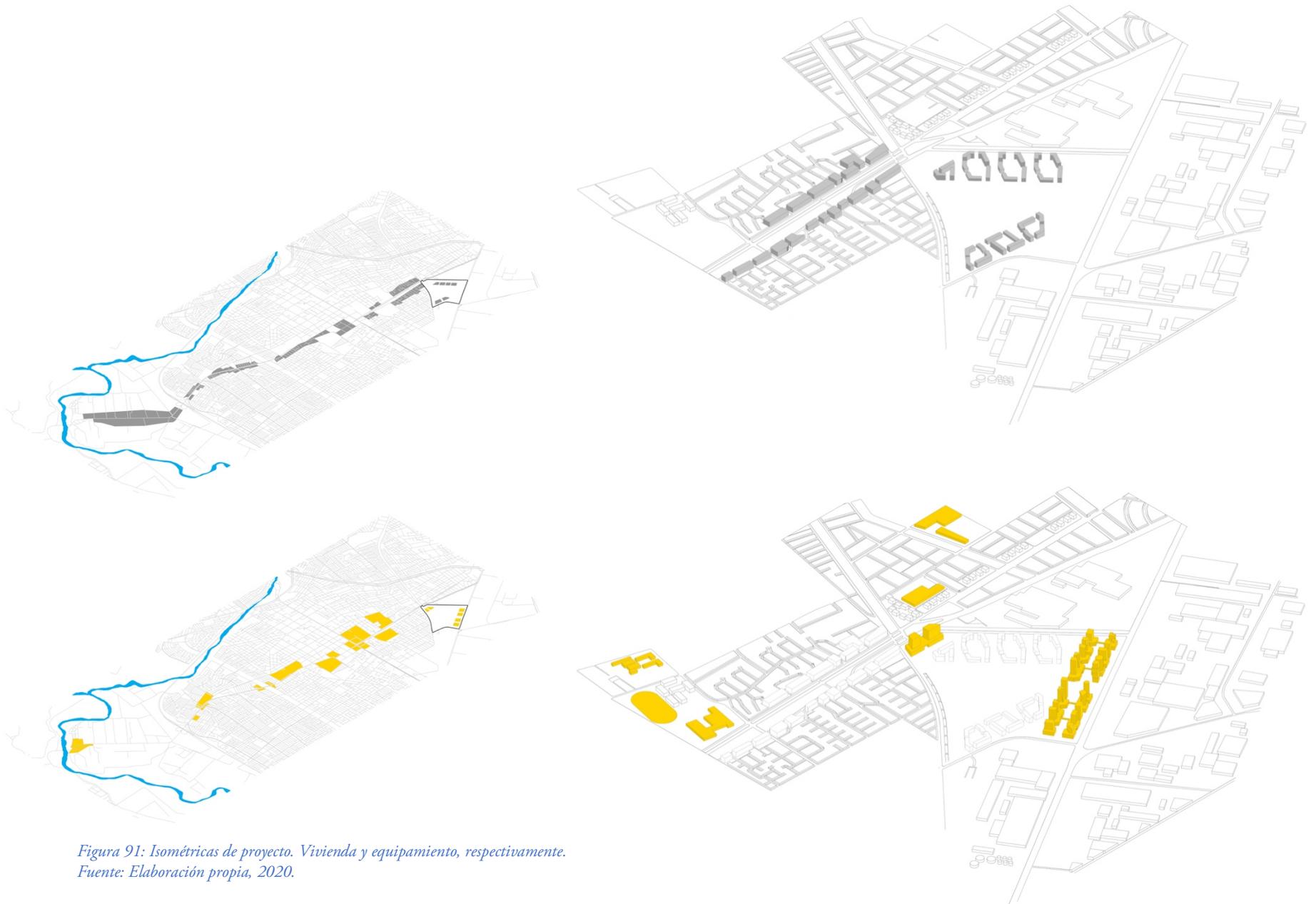


Figura 91: Isométricas de proyecto. Vivienda y equipamiento, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

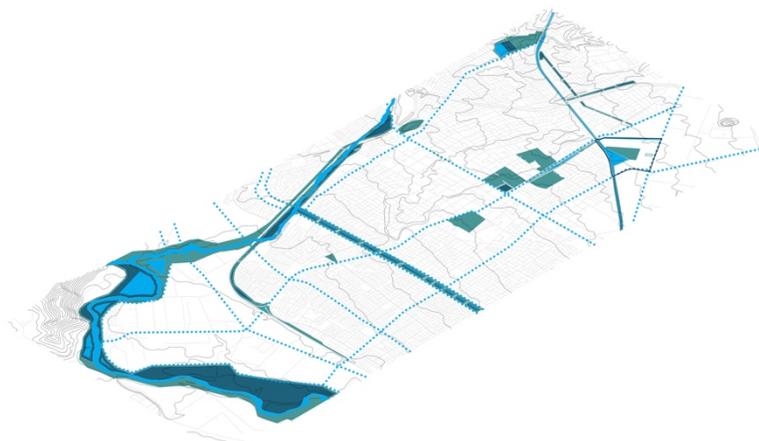
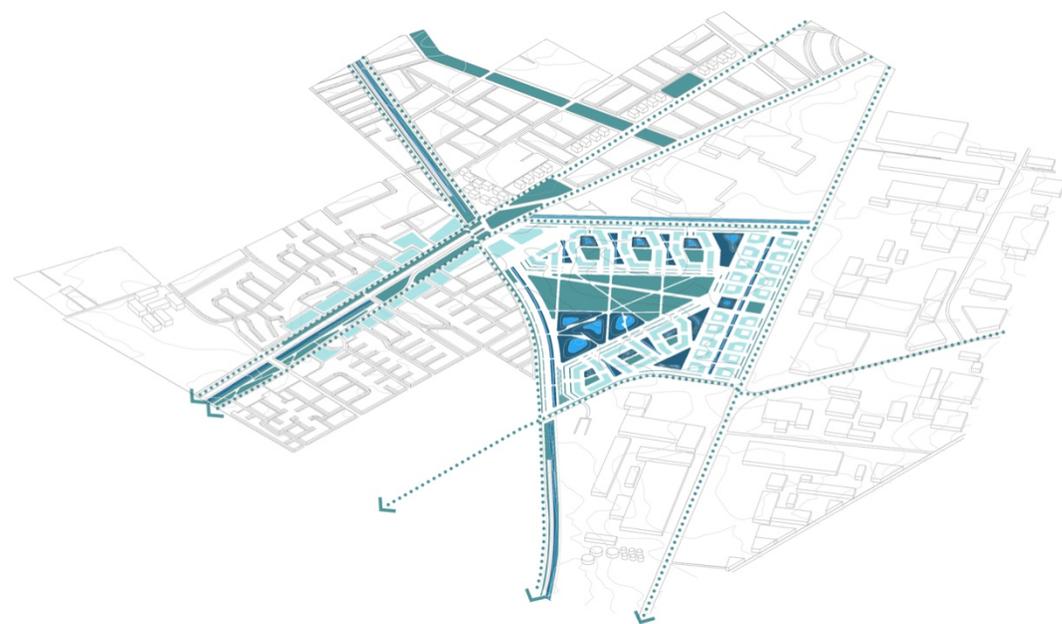


Figura 92: Isométricas de proyecto. Áreas verdes y agua, respectivamente.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



Figura 93: Isométrica de proyecto.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

En vista de lo descrito podemos evidenciar los principales problemas que enfrenta este lugar. Para esto se establecen ciertas acciones o estrategias de proyecto a modo general para establecer el partido general del sitio. Primero, se reconoce la condición topográfica del sitio, y sus dos principales frentes. Como mencionamos antes, uno de ellos da hacia Camino Melipilla, enfrentando una vía articuladora y un área industrial. Al mismo tiempo, su otro frente da hacia un área residencial, y se encuentra intercedido por la faja vía del tren.

Segundo, a partir de la condición topográfica del sitio, se determina ubicar una zona de almacenamiento en la zona más baja del proyecto. Esta tendría la capacidad de almacenar escorrentías y excedentes en caso de episodios pluviales extremos. Para no convertirse en un nuevo problema de inundaciones, ésta estaría conectada al sistema *buffer* del proyecto, teniendo la capacidad de redirigir aguas a través de éste, y distribuyéndola en el sistema mayor, infiltrando y reteniendo el agua de forma global y no localizada. Esta área de almacenamiento puede contener una área permanente y áreas temporales en función de los niveles de almacenamiento requeridos. Por otro lado, se reconoce el rol esencial de la estación de tren y su efecto en la conectividad entre este sitio y el resto de las industrias al sur. Por esto se genera un gran eje entre estos dos lugares., conectando a los trabajadores con la estación de forma directa y rápida. Para que el paso y detención del tren no signifique un entorpecimiento del flujo vehicular, la vía del tren puede soterrarse puntualmente en cada estación, manejando su ingreso de forma subterránea. Sobre esta estación se puede superponer un edificio de oficinas, logística, comercio o servicios, que se establezca como hito de este nuevo eje, compartiendo este rol con el Templo Votivo al poniente.

Tercero, en vista del frente industrial, y en consideración del pasado del terreno, se establece un frente logístico y de servicios, con núcleos de oficinas y áreas para convenciones tecnológicas. La alta accesibilidad que tiene el sitio por Camino Melipilla puede ayudar a evitar congestiones por el ingreso o salida de autos. Habría que considerar

también que, en este proyecto, se promueve el uso del tren y de medios de transporte más sustentables, a diferencia de los vehículos particulares. Esto además puede dotar de nuevos trabajos a la comunidad, disminuyendo la necesidad de movilizarse a través de la ciudad para llegar a sus lugares de trabajo. El diseño de estos edificios puede variar, considerando siempre la introducción de las estrategias antes descritas, tanto en su espacio público, como en su espacio privado. Herramientas como retenedores geo-celulares y pavimentos permeables pueden incorporarse en plazas duras y accesos, además de incorporar techos verdes y jardines de agua que puedan recolectar el agua caída en los techos.

Cuarto, protegido al interior del sitio, pero dotados de acceso a servicios, equipamientos y la estación del tren, se establecen *clúster* de vivienda de densidad media y alta, con alturas entre los 4 y los 7 pisos. Estos pueden funcionar de forma independiente, manteniendo un suelo público y sujetándose a normas de diseño y construcción que utilicen las herramientas de control de aguas lluvias. Jardines de lluvia, parrones y jardines elevados pueden ser puestos en techos, otorgando la capacidad de infiltrar el agua de sus techos, que podría ser tratada y ser reutilizada para regadío de arbolado y huertos urbanos. El contexto inmediato del sitio, gracias a la incorporación de este proyecto comenzaría a densificarse, y posibles capitales serían inyectados para la generación de nuevos proyectos. Esto sube el valor del suelo de su contexto, que atrae mejores compradores y usos, aumentando la calidad de vida de forma directa de esta población. Así, este sitio y su proyecto, además de la estación, se convierte en un catalizador de regeneración urbana, mejorando la valoración por parte de la comunidad y aumentando su sentido de pertenencia.

Quinto, se crea un parque interior. Un nuevo espacio público, natural y verde para la comunidad de Maipú. Este incorpora las estrategias descritas en capítulos anteriores, como cuencas de infiltración y retención, jardines de lluvia, pavimentos permeables, etc. Estas herramientas técnicas se convierten en herramientas de diseño del

espacio público, dotando a estos espacios de una relación muy cercana con el agua y sus ciclos naturales. Por lo mismo este alberga vegetación nativa, capaz de sobrevivir en espacios así. Esto puede adquirir un sentido educacional y de formación de conciencia por parte de la comunidad respecto del cuidado de nuestro territorio y de nuestra vegetación y flora nativa. Un área también puede ser destinada a huerto urbano. Este parque estaría irrigado a través de acequias de infiltración para regar el arbolado y la vegetación, y al mismo tiempo, redirigir escorrentías superficiales a través del sistema.

Finalmente, se genera un recorrido público interno. Este une a los habitantes con los servicios, la estación, las oficinas y el área industrial al sur. Al mismo tiempo este puede redirigir escorrentías superficiales al área de almacenamiento permanente o temporal ubicada en la zona baja del sitio.

En los siguientes cortes podemos ver como se articulan los diferentes usos de este sitio, a través del espacio público, apoyado por las herramientas de manejo de agua lluvia. Estos muestran la dualidad de los espacios, viendo como éstos acogen el uso de las personas en meses secos y como se integran al sistema de infiltración y retención de agua en los meses lluviosos.

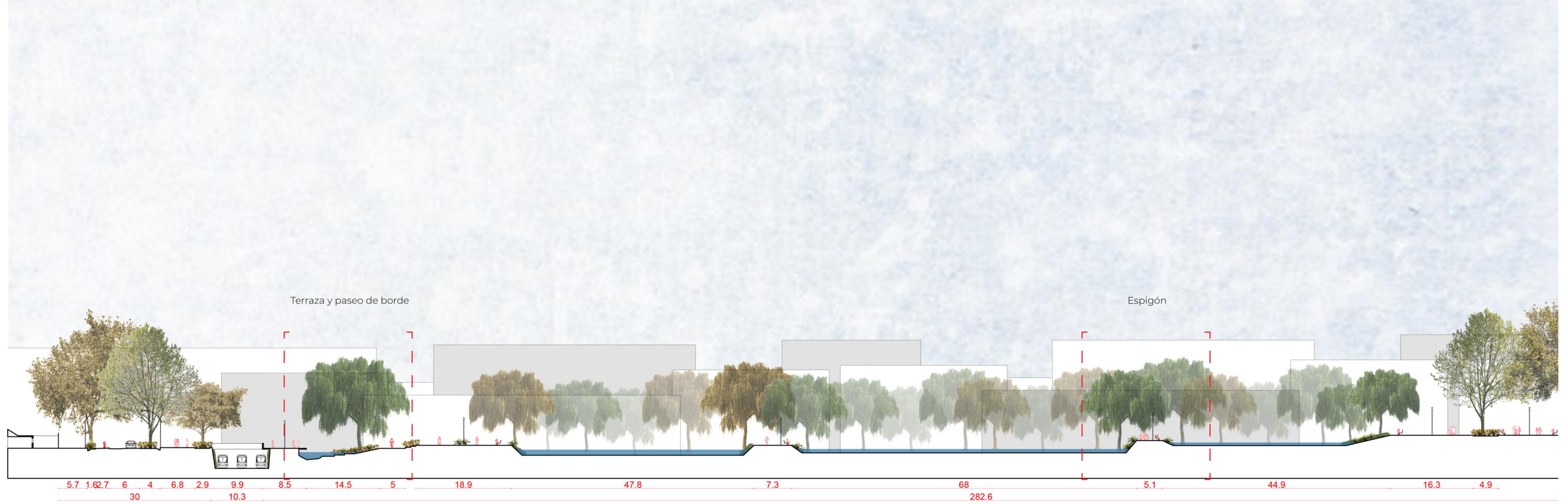


Figura 94: Corte de sitio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.

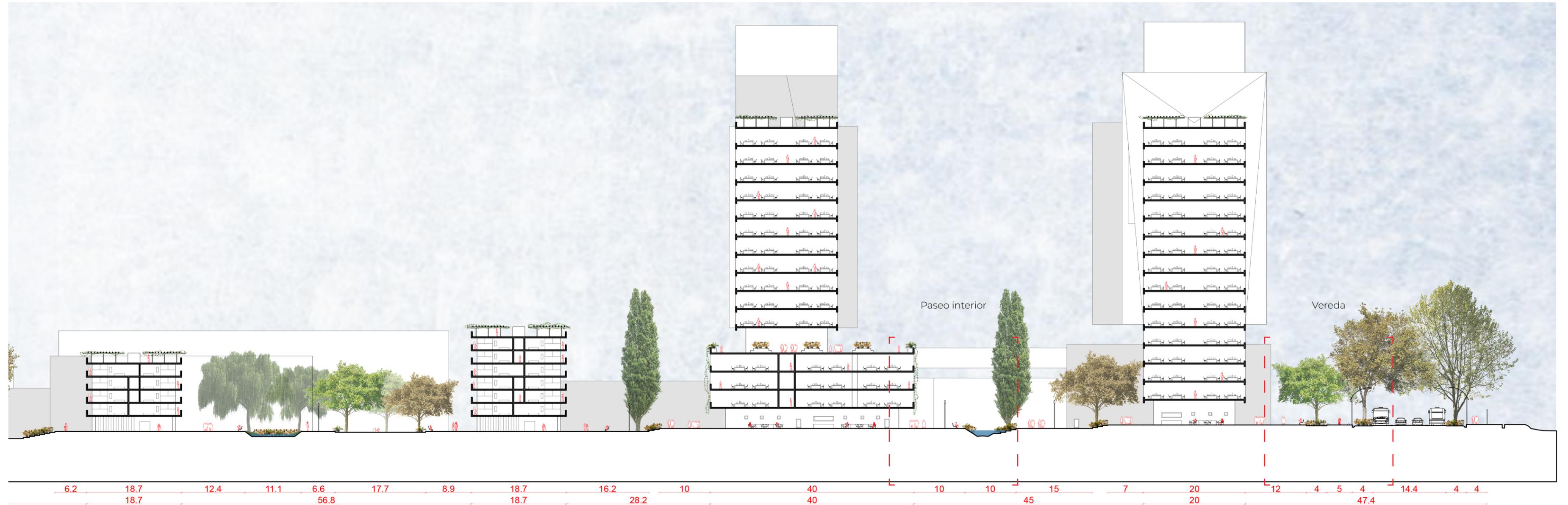
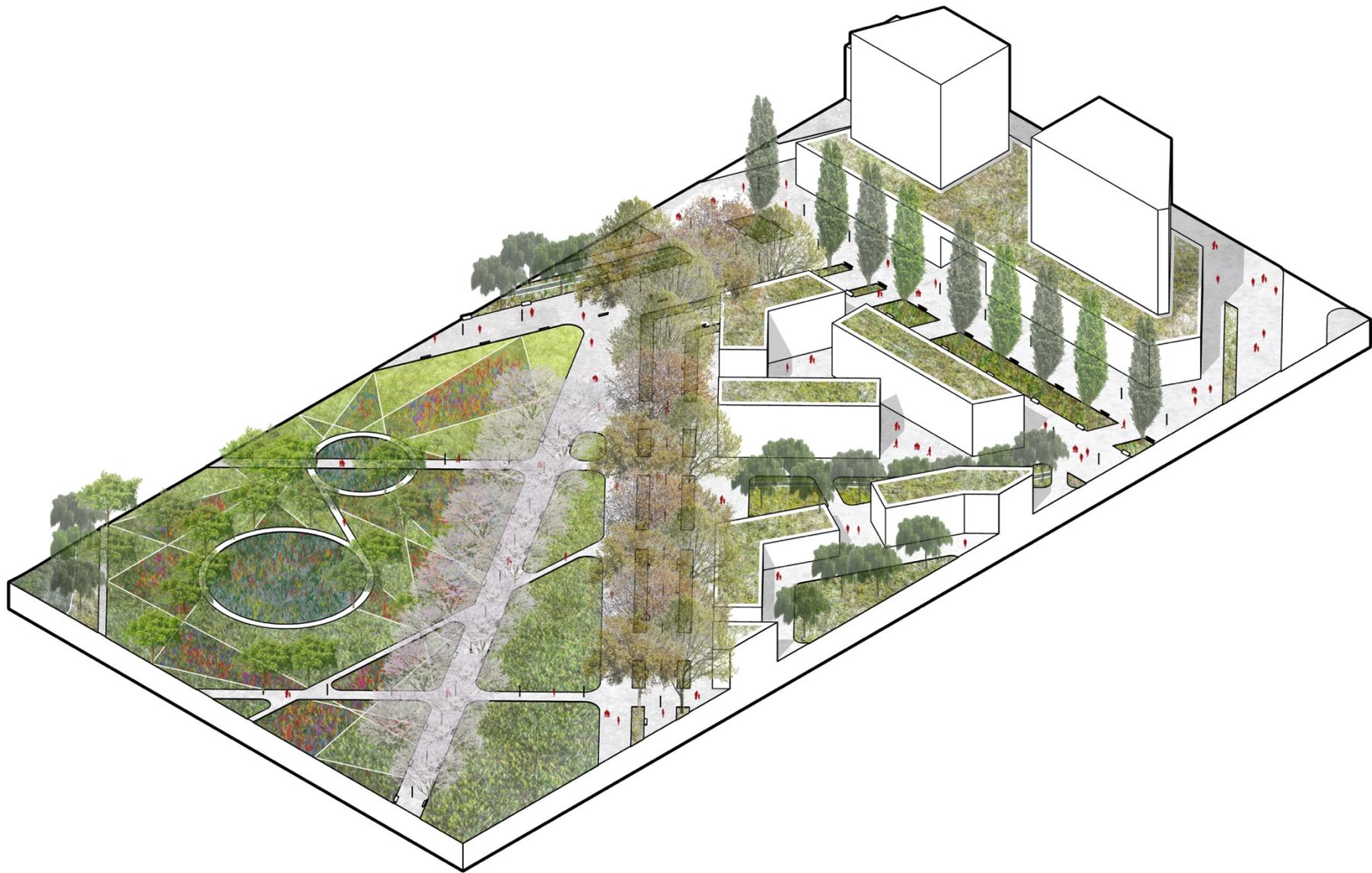
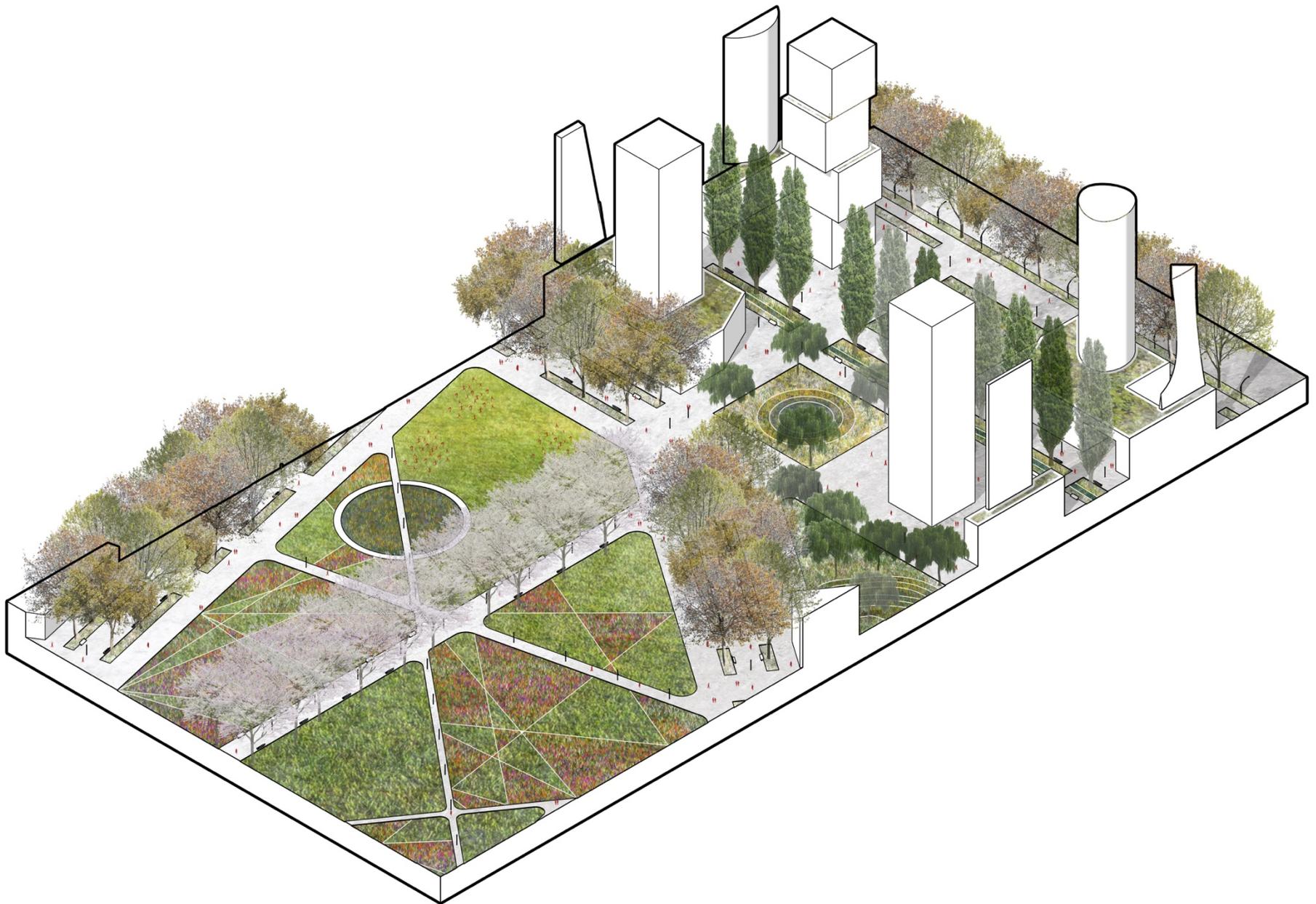


Figura 95: Corte de sitio.
Fuente: Elaboración propia, 2020.



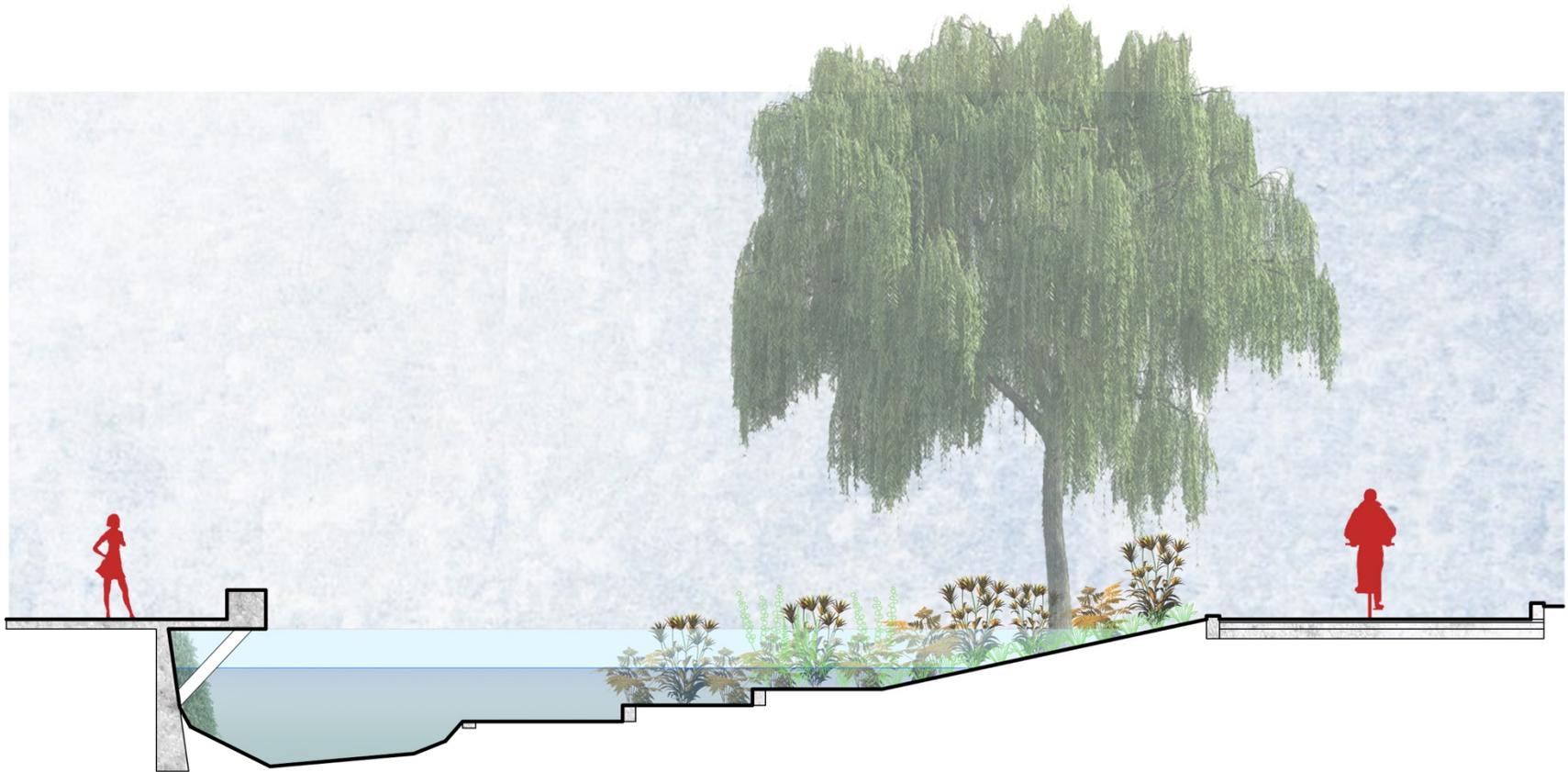
*Figura 96: Isométrica de proyecto, edificio de la estación, residenciales y parque.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



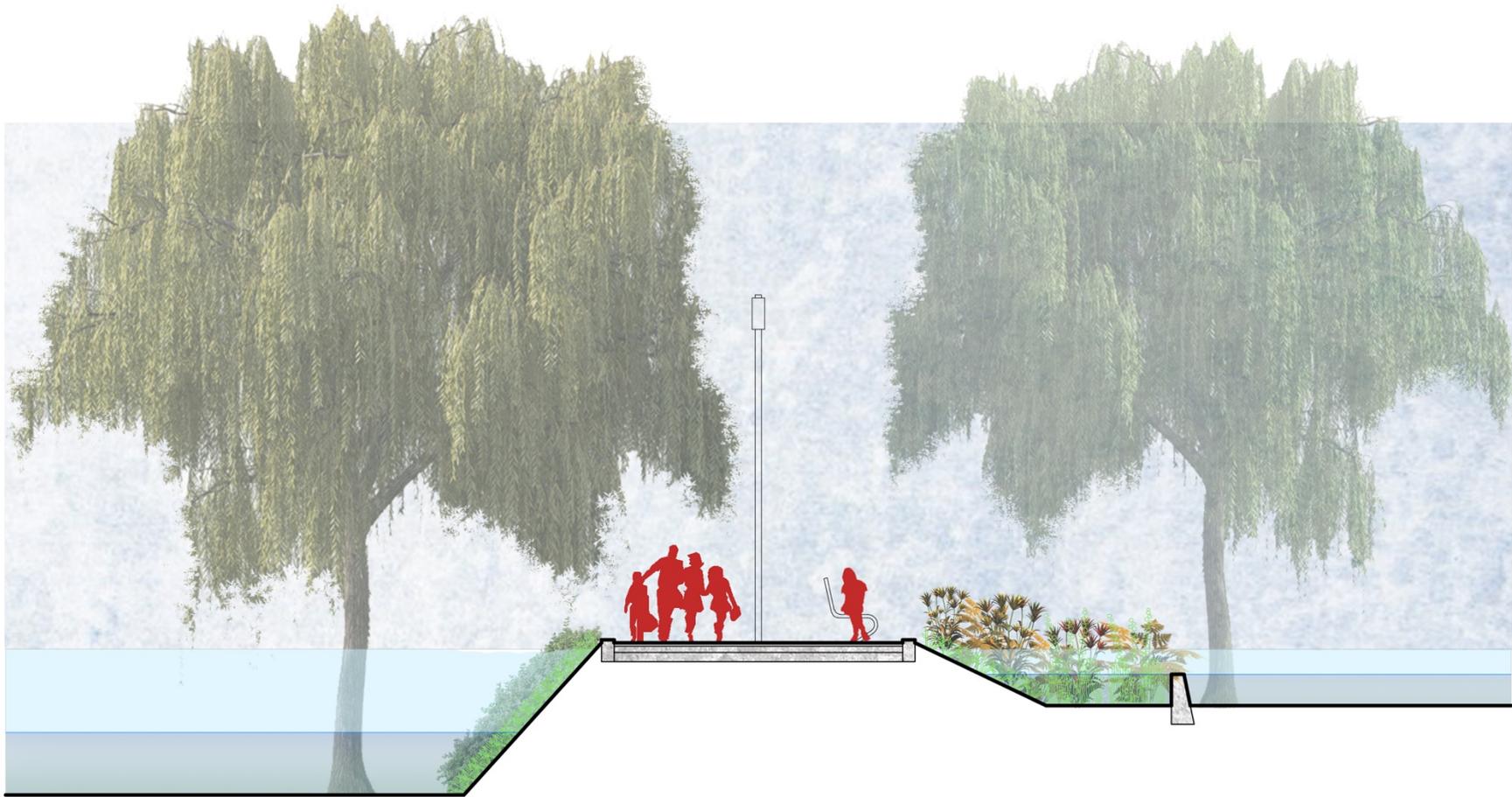
*Figura 97: Isométrica de proyecto, frente de equipamientos y eje de conexión con la estación.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



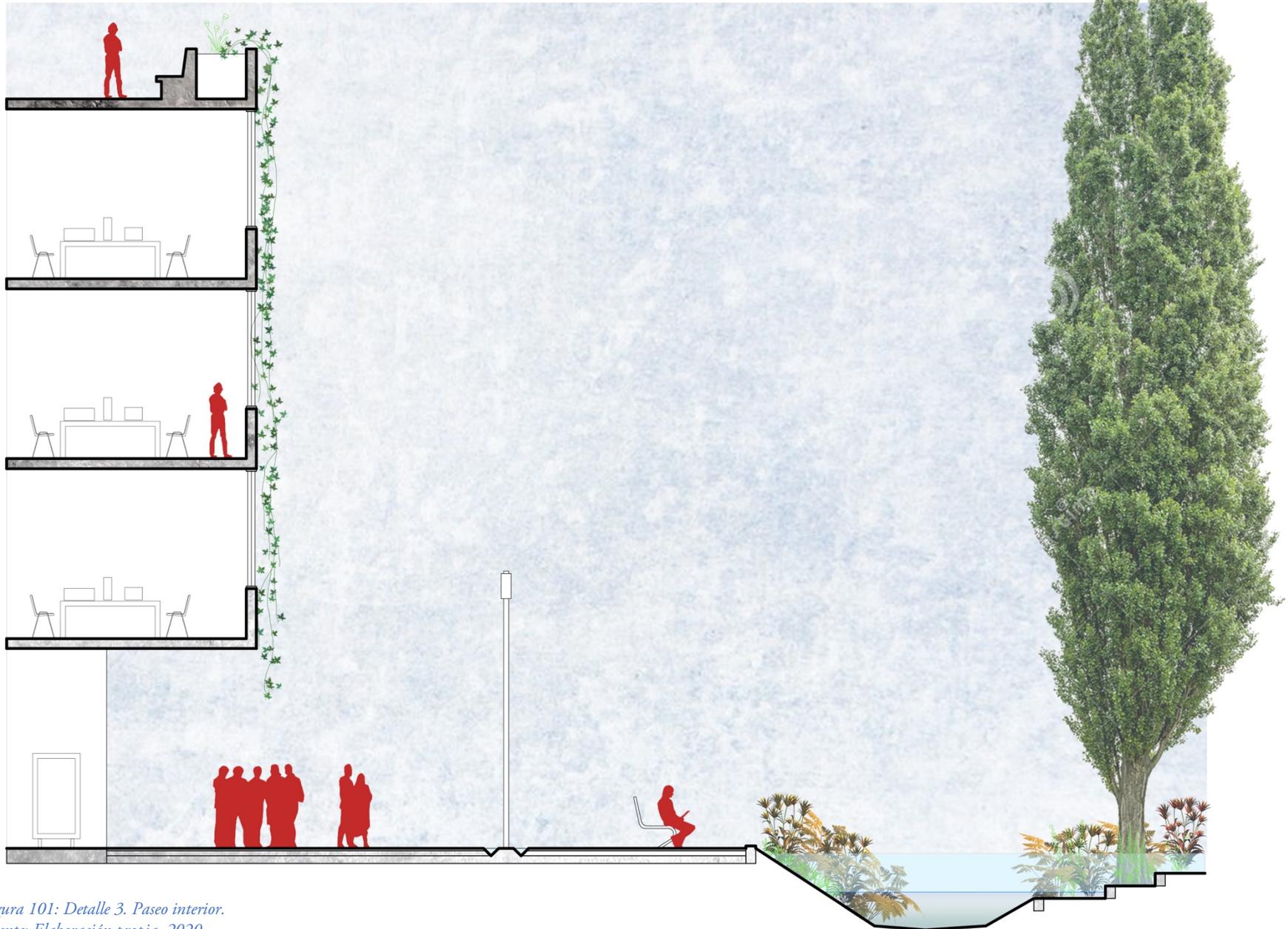
*Figura 98: Isométrica de proyecto, edificios de vivienda y áreas de almacenamiento permanentes.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 99: Detalle 1. Terraza y paseo de borde.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 100: Detalle 2. Espigón.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 101: Detalle 3. Paseo interior.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 102: Detalle 4. Vereda.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

En los cortes anteriores observamos de forma definitiva, como las estrategias de manejo de aguas lluvias se integran al espacio público, como herramientas de diseño.

En la primera porción del corte vemos como se establecen una nueva relación espacial entre el tren y las viviendas que lo enfrentan. La faja vía del tren se plantea como soterrada en esta porción de su longitud. La razón para esto que su paso no interfiera en el flujo vehicular y peatonal del eje 5 de abril. Por lo mismo la estación se plantea subterránea. Por el lado norte del sitio continúa de manera soterrada para que haya directa relación entre los habitantes y el nuevo parque y equipamiento, desapareciendo como barrera espacial, como lo es hoy en día. A continuación de este se integra un cauce natural que corre de forma paralela al tren, como parte del *buffer* descrito anteriormente. Este corre por la parte más baja del sitio por lo que puede recibir las escorrentías urbanas y transportarlas por el sistema. En el detalle 1 vemos como se genera una terraza y un paseo de borde que acerca a los habitantes a entrar en contacto con el agua y la flora y fauna que atrae.

Ya más dentro del sitio y el parque se configuran las áreas de almacenamiento permanentes, con espacio para recibir aguas lluvias y escorrentías urbanas, así evitando las inundaciones, aumentando la porción de suelo permeable y retrasando el movimiento del agua hacia el río Mapocho. Como se ve en el detalle 2, se configuran espigones entre las áreas de almacenamiento, con vegetación fitodepuradora y gramíneas, que sean capaces de sobrevivir a posibles inundaciones. Al igual que en el paseo de borde, sauces y pimientos pueden disponerse para dar sombra, crean lugares estancos de descanso e introspección. Estas especies habitan bien cerca de cauces y se irrigan a través de este. Estos espigones sirven como circulaciones peatonales dentro del parque, y al mismo tiempo, tiene la función de definir cada área de almacenamiento, para que, a la hora de recibir las escorrentías urbanas, estas puedan mover el agua entre ellas.

En la segunda porción del corte, podemos ver la relación que se establece entre los *clúster* de vivienda y el frente sur del sitio que concentra equipamientos, oficinas y servicios. Como se mencionó, la vivienda se configura entre 4 y 7 pisos con techos verdes o jardines elevados para recibir el agua lluvia en los techos de estos. Dentro de cada *clúster* de vivienda se establece un área verde a modo de cuenca de infiltración que se mantiene seca la mayor parte del tiempo. Además, se establece una pequeña área de almacenamiento en el punto más bajo de este espacio interior. Estas áreas verdes pueden recibir el agua lluvia de los techos de las viviendas, y pueden conectarse al resto del sistema a través de acequias de infiltración, que aprovechan de irrigar el arbolado urbano. La vivienda se puede diseñar con unidades de uno o dos pisos. Esto disminuye las áreas de servicios como pasillo, maximizando el espacio útil de las viviendas, y además estableciendo al espacio público como zona de encuentro entre los vecinos. Bajo la vivienda se pueden establecer estacionamientos subterráneos, aunque se promueve el uso del tren y el transporte público. Estos edificios pueden tener equipamientos de pequeño tamaño en sus primeros pisos, como minimarkets o pequeños puestos de venta, que pueden pertenecer a los mismos usuarios del edificio. El resto del espacio se destina a las áreas de servicios necesarias para el funcionamiento de un edificio de vivienda como circulaciones verticales, áreas para funcionarios, sala de basuras, etc.

Más hacia el sur, se establece el frente logístico y de servicio. Para la construcción de este, se establecen predios de 50x50 metros que puedan ser edificados por distintos dueños. Se establecen ciertas normas de diseño, como distanciamientos, alturas y usos, además de la obligación de incorporar las estrategias de manejo de agua lluvia en el espacio privado que ceden al uso público. Las alturas permitidas van entre los 40 y los 70 metros, y se pueden configurar como placa de servicios y torre de oficinas sobre ella, o como torre aislada. Las placas pueden conectarse entre sí y pueden destinar un espacio intermedio a modo de plaza elevada para los usuarios de las oficinas. Al centro de este frente se configura el paseo interno que se muestra en el detalle 3. Puede

contener un cauce natural que rediga escorrentías a las áreas de almacenamiento. Como este paseo se reconoce más como un lugar de paso, se emplean álamos que actúen como generadores de perspectiva, complementando las edificaciones. Cafés y restaurantes pueden habilitarse en el primer piso que sirvan como lugar de reunión. Como el resto de los cauces, estos se diseñan con espacio para crecer ante episodios pluviales violentos.

Por último, hacia Camino Melipilla, como hemos mencionado anteriormente, se reduce el espacio destinado a automóviles, aumentando el área disponible para los peatones y áreas de infiltración. Además de veredas de gran tamaño, se continúa con el ciclovía planteada a lo largo de esta calle.

Este punto detonante, se establece como el catalizador y capitalizador inicial de la inversión que representa la construcción de la línea de tren Alameda-Melipilla. Crea la oportunidad de que la nueva estación de tren no solo traiga nuevas personas al barrio, sino que nuevos usos e inversionistas. Así este se establece como un punto de inicio para la regeneración urbana que es necesaria en una comuna Maipú, en donde las infraestructuras de transporte no representen un degradador del espacio público, sino una nueva oportunidad, de crear espacios públicos dinámicos, multi-funcionales, sustentables y abiertos a la comunidad.



*Figura 103: Imagen objetivo. Punto detonante en verano.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*



*Figura 104: Imagen objetivo. Punto detonante en invierno.
Fuente: Elaboración propia, 2020.*

Conclusiones

A lo largo de esta investigación aplicada en un proyecto urbano, conocimos los principales problemas que aquejan a la comuna de Maipú, desde el punto de vista de las infraestructuras y el espacio público. El modelo de expansión urbana contemporáneo ha causado la disminución de la capacidad de infiltración del suelo urbano, resultando en las inundaciones que ocurren en la comuna, y en otros lugares de Santiago. Paradójicamente, la comuna está dentro de las zonas declaradas con emergencia de sequía y escasez hídrica. Esto afecta la mantención de áreas verdes y la producción de bienes agrícolas. Por último el proyecto del tren, puede empeorar los espacios urbanos a su alrededor, desperdiciando una oportunidad única en una ciudad como Santiago.

Para solucionar esto, se buscó en las trazas agrícolas e hídricas del pasado de la comuna, en busca del motivo de las inundaciones, su origen, y como los antiguos agricultores hacían uso del agua a su favor. Así se extraen las principales estrategias de infiltrar, retener y almacenar. Estas herramientas se incorporan como una forma de mitigar los efectos de las inundaciones, incorporándose como elementos de diseño del espacio público. Luego, se miró el Maipú actual, donde se evidencian los problemas descritos antes. Inundaciones deterioran el espacio urbano, mientras la sequía degrada parques y áreas verdes. Esto en conjunto con los sitios eriazos resultantes del proceso de urbanización de Maipú, crean el ecosistema urbano que está fuera de equilibrio. Para dar solución a esto se definen los ecosistemas urbanos sustentables, que se apoyan en las infraestructuras verdes para la generación de servicios ecosistémicos. A través de esto se crea una relación más equilibrada entre el hombre y el territorio, donde aspectos como movilidad, biodiversidad, espacio público y agua entre en juego del diseño de las ciudades.

Durante el desarrollo de esta investigación, ocurrieron dos grandes eventos significativos en la historia de Chile y el mundo. Ambos

dejaron en evidencia las carencias que existen desde el ámbito estatal respecto a la planificación urbana, dejando al descubierto problemas como segregación espacial y social, falta de acceso a equipamientos y servicios, y de integración de infraestructuras con el espacio público, dando mayores razones para la importancia de que el ámbito académico continúe con investigaciones, que en un futuro puedan crear mejores ciudades para todos.

El primer evento se conoce como el “Estallido Social”, iniciado el día 10 de octubre del año 2019. Entre los incidentes ocurridos a lo largo de las primeras semanas, se destaca la quema y posterior cierre de múltiples estaciones de metro, el sistema de transporte más usado en la capital, causando estragos en el desarrollo normal de las jornadas de trabajo de miles de personas. Esto dejó en evidencia la dependencia que se tiene de los sistemas de transporte público, y, por otro lado, la falta de múltiples polos de trabajo en la ciudad. Esto no quiere decir que se deba promover el uso del transporte privado, sino que debería haber un mayor apoyo por parte del gobierno a proyectos de infraestructura de transporte multi-modales, que no solo aumenten la accesibilidad de la población a movilizarse, sino que creen nuevos espacios a través de infraestructuras multi-propósito, otorgando mayor equidad entre los estratos sociales.

El segundo evento corresponde a la pandemia mundial de Covid 19. Este evento genera el cierre de fronteras y la instauración de cuarentenas en todas las mayores capitales del mundo. Deja en evidencia como es necesario que las ciudades tengan la oportunidad de reformularse, de cambiar, de mutar, de adaptarse a los nuevos usos y dinámicas sociales que este evento ya está introduciendo en nuestras culturas. Como las cuarentenas limitan la movilización entre comunas, se debería promover la creación de múltiples polos de trabajo, disminuyendo la necesidad de trasladarse largas distancias al lugar de trabajo, reduciendo las probabilidades de contagio. Para esto también es necesario el apoyo de iniciativas de transporte público, que otorguen mayores formas de traslado para no congestionar los ya existentes.

Ambos eventos produjeron un momento de pausa en el desarrollo de la investigación, que fue utilizado como espacio para la reflexión y el planteamiento de nuevas herramientas. Se debe hacer uso de nuevas formas de comunicación, de nuevas formas de convivir y trasladarse, que pongan como objetivo principal la mejora de la calidad de vida de los habitantes de Santiago, y utilizar estos eventos como un punto de quiebre, sobre el cual se puede evolucionar, revolucionar y seguir adelante. Por lo mismo es importante que el desarrollo futuro de las ciudades se haga de forma sustentable y resiliente, en donde se busque un equilibrio entre el hombre y el territorio. El proyecto urbano es el camino correcto para poder generar mejores ciudades, pero estos deben venir acompañados de nuevas políticas de planificación, que logren poner en juego las nuevas realidades que un proyecto urbano puede lograr, y que son necesarias hoy más que nunca.

En el caso del Tren Alameda-Melipilla, su construcción no debe significar el deterioro progresivo de sus alrededores, sino todo lo contrario. Debe convertirse en un impulsor, en un catalizador, en un camino por el cual la ciudad puede mejorar. Por lo mismo es que se debe capitalizar los esfuerzos económicos, sociales y naturales que significa la creación de una línea férrea. En una comuna periférica como Maipú, la incorporación de infraestructuras de transporte termina por generar heridas en el tejido urbano, segregando barrios espacial y socialmente. El proyecto urbano puede revertir esta situación, convirtiéndolo y sus alrededores en condensadores sociales.

Al mismo tiempo, un proyecto urbano como éste debe intervenir su espacio público, velando por generar nuevos lugares que la comuna pueda aprovechar. Las estaciones del tren, además de cumplir un rol funcional, al ser los puntos de ingreso a la red de transporte, deben ser capaces de generar cambios en sus alrededores, atrayendo a inversores y capitales que busquen crear nuevos servicios y equipamientos a su alrededor. Esto no solo crea ciudades más equitativas y con mejor accesibilidad, sino que promueve la creación de empleos locales, reduciendo la necesidad de que la población de Maipú tenga que cruzar

la ciudad para llegar a su lugar de trabajo. Esto puede configurar a Maipú como un nuevo subcentro de la zona sur poniente de Santiago, que ayudara a que las futuras urbanizaciones a su alrededor se vean mejor equipadas y con acceso a espacios públicos de calidad, fomentando mejores niveles de vida.

Finalmente, es importante bajo el marco del cambio climático, que los proyectos urbanos logren crear soluciones o formas de mitigar los impactos de este en el ser humano y su hábitat. Este es un proceso natural, que no puede ser detenido, y ha sido acelerado por el habitar moderno del hombre. Por lo mismo no se debe buscar revertir o detener sus efectos, sino trabajar con ellos y mitigarlo, a través de la planificación territorial y el diseño de proyectos urbanos sustentables y resilientes. Las inundaciones que ocurren en Maipú, además de producirse por errores técnicos, en canales y acequias, se producen ya que la ciudad no se encuentra preparada para mitigar los efectos de estos episodios más violentos de precipitaciones. A través de la infraestructura verde y los servicios ecosistémicos se puede tomar este aparente problema y convertirlo en una oportunidad de combatir la sequía y escasez hídrica por la cual pasa la zona central del país.

Investigaciones futuras deberían buscar generar vínculos entre el ser humano y el territorio, entre el urbanismo y el paisajismo. El límite entre estas dos disciplinas de la arquitectura se hace cada vez más difícil de distinguir, precisamente porque tratan las mismas temáticas. El ser humano es una pieza más dentro de los ecosistemas que habita, y por lo mismo es necesario que la relación con el territorio cambie. Es imprescindible que la utilización y producción de recursos naturales pueda equilibrarse con los ciclos productivos del hombre. Los ecosistemas urbanos sustentables se establecen como el camino a seguir de las ciudades. Un camino en donde la arquitectura se alza como la respuesta, no solo a problemas espaciales, sino que sociales, económicos, culturales, políticos y ecológicos.

Bibliografía

Amaya, C. (2005). El ecosistema urbano: Simbiosis espacial entre lo natural y lo artificial. *Revista Forestal Latinoamericana*, 37.

Andersson, E. (2006). Urban Landscapes and Sustainable Cities. *Ecology And Society*, 11.

Ascher, F. (2004). *Los nuevos principios del urbanismo*. Madrid: Alianza.

Austrich, R. (2003). Frederick Law Olmsted y el "Emerald Necklace" de Boston. *Urbano*, 93.

Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz. (2020). Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz. Consultado el 4 de Octubre de 2020, en <https://www.vitoria-gasteiz.org/we001/was/we001Action.do?idioma=es&accionWe001=ficha&accion=anilloVerde#:~:text=El%20Anillo%20Verde%20de%20Vitoria,zona%20recreativa%20de%20la%20ciudad>.

Barrios, J. (2012). Ecosistemas Urbanos. *Ambienta*, 98.

Bevilacqua, R. (2019). Sequía en Chile: 10 datos que evidencian la urgencia de la problemática. Consultado el 20 de Abril de 2020, en <https://laderasur.com/estapasando/sequia-en-chile-10-datos-que-evidencian-la-urgencia-de-la-problematica/>.

Cabia, D. (2019). Automóvil y ferrocarril, una batalla histórica. Consultado el 22 de Mayo de 2020, en <https://economipedia.com/actual/automovil-y-ferrocarril-una-batalla-historica.html>.

Castillo, S. (2010). Sociabilidad y organización política popular: Cordón Industrial Cerrillos Maipú. *Cuadernos De Historia*, 32, 99-121.

Cárdenas, L. (1999). Urbanismo versus urbanización: distintas modalidades de hacer ciudad. *Revista de Urbanismo*, 1, 1-18.

Comisión Europea. (2014). *Construir una infraestructura verde para Europa*. Luxembourg: Publications Office.

Contanza, R. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *NATURE*, 387.

Gobierno de Chile. (2020). Ministro Antonio Walker Amplia Zona De Emergencia Agrícola Por Escasez Hídrica A 24 Comunas De La Región Metropolitana. Consultado el 12 de Mayo de 2020, en <https://www.gob.cl/noticias/ministro-antonio-walker-amplia-zona-de-emergencia-agricola-por-escasez-hidrica-24-comunas-de-la-region-metropolitana/>.

Dirección General De Aeronáutica Civil. (2019). Reporte climático. Santiago: Dirección Meteorológica de Chile.

Dirección General de Aguas. (2015). Diagnóstico Plan Maestro de Recursos Hídricos Región Metropolitana de Santiago (p. 150). Santiago.

EC (European Commission) (2014). EU policy document on Natural Water Retention Measures. By the Drafting team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM). Technical Report 2014 – 082.

Espinoza, P., & Martín-Vide, J. (2014). El estudio de la Isla de Calor Urbana de Superficie del Área Metropolitana de Santiago de Chile con imágenes Terra-MODIS y Análisis de Componentes Principales. *Revista de Geografía Norte Grande*, 57, 123-141.

Fábos, JG. (2004) Greenway planning in the United States: its origins and recent case studies. *Landscape and Urban Planning*, 68, 321-342.

Fernandez, Bonifacio. (2004) Drenaje de aguas lluvia urbanas en zonas semiárida. *Arq*, 57.

FISA S.A. Historia Fisa. Consultado el 26 de Mayo de 2020, en https://www.fisa.cl/Historia_Fisa.php

Foster, J., Lowe, A., y Winkelman, S. (2011). *The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Adaptation*. Washington DC: Center for Clean Air Policy.

Garreaud, R. (2011). *Cambio Climático : Bases Físicas e Impactos en Chile. Tierra Adentro, 93*.

Gobierno de Chile. (2020). Ministro Antonio Walker Amplia Zona De Emergencia Agrícola Por Escasez Hídrica A 24 Comunas De La Región Metropolitana. Consultado el 4 de Octubre de 2020, en <https://www.gob.cl/noticias/ministro-antonio-walker-amplia-zona-de-emergencia-agricola-por-escasez-hidrica-24-comunas-de-la-region-metropolitana/>.

González, M., Lara, A., Urrutia, R., & Bosnich, J. (2011). Cambio climático y su impacto potencial en la ocurrencia de incendios forestales en la zona centro-sur de Chile (33° - 42° S). *Bosque, 32*, 215–219.

Groot, R., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemsen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity, 7*, 260-272.

Grupo de riesgos, agronomía y medio ambiente. El uso del agua en la agricultura de regadío y la investigación pública. Consultado el 4 de Abril de 2020, en <https://www.esferadelagua.es/ciencia-y-agua/uso-del-agua-en-agricultura-de-regadio-y-investigacion-publica>

Heinrichs, D., Nuissl, H., & Rodríguez, C. (2009). Dispersión urbana y nuevos desafíos para la gobernanza (metropolitana) en América Latina: el caso de Santiago de Chile. *EURE, 104*, 29–46.

Hidalgo Dattwyler, R. (2007). ¿Se acabó el suelo en la gran ciudad?: Las nuevas periferias metropolitanas de la vivienda social en Santiago de Chile. *EURE, 98*.

INE. (2017). *Memoria Censo 2017* (1). Santiago: INE.

Leiva, S. (2014). Islas frías urbanas en la ciudad de Santiago. *BeGEO, 2*, 32–44.

Magdaleno, F. (2017). De la infraestructura gris a la verde. En: Libro blanco de la economía del agua, capítulo 14. McGraw-Hill.

Magdaleno, F., Cortés, F., & Molina, B. (2018). Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. *Ingeniería Civil, 191*.

Maipú, M. (2015). Atlas Comunal (1). Santiago: Municipalidad de Maipú.

Godoy, M., Almeida, L., Villegas, C. (2016): Análisis sobre espacios verdes en el sector urbanístico. Un comparativo entre Guayaquil, Curitiba, Vitoria-Gasteiz y Boston, *Revista DELOS: Desarrollo Local Sostenible, 25*.

Marañón, B. (2001). El anillo verde de Vitoria-Gasteiz. *Informes De La Construcción, 53*.

McPhearson, T., Andersson, E., Elmqvist, T., & Frantzeskaki, N. (2014). Resilience of and through urban ecosystem services. *Ecosystem Services, 12*, 152-156.

Mell, I. (2008). Green Infrastructure: concepts and planning. *Forum, 8*.

Mguni, P., Herslund, L., & Jensen, M. B. (2015). Green infrastructure for flood-risk management in Dar es Salaam and Copenhagen: exploring the potential for transitions towards sustainable urban water management. *Water Policy, 17*, 126-142.

Ministerio de vivienda y urbanismo. (2014). Política Nacional de Desarrollo Urbano. Santiago: MINVU.

Ministerio de vivienda y urbanismo. (2018). Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Santiago.

Miracle, M. (2006). Consideraciones y casos en torno al ciclo del agua. *Polis, 14*.

Moll, G., & Petit, J. (1994). The urban ecosystem: putting nature back in the picture. *Urban Forests*, 14.

Moreno, S. (2008). Introducción al urbanismo sustentable o nuevo urbanismo. *Espacios Públicos*, 11.

Moreno, O. (2013). Paisaje, riesgo y resiliencia. La arquitectura del paisaje en la modelación sustentable del territorio. Forum De Sostenibilidad.

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*.

Muñoz, O. (2007). El suelo: Diagnostico de la situación del recursos. Puerto Aysen: Universidad de Chile, Facultad de Derecho.

Narváez, K., & González, M. (2015). La otra Chimba: intersticio de la periferia marginal de Santiago. Santiago: Universidad de Chile.

O'Connell, James C. (2016) "The Legacy of Frederick Law Olmsted's Emerald Necklace in Contemporary Boston," Proceedings of the Fábos Conference on Landscape and Greenway Planning.

Orive, L. (2006). Relaciones ciudad-naturaleza: hacia modelos de planificación territorial más sostenibles en Vitoria-Gasteiz. *Arquitectura Del Siglo XXI*.

Pérez, G. (2020). Infiltración del agua. Consultado el 19 de Abril de 2020, en https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua.

Portas, N. El surgimiento del proyecto urbano. *Perspectivas Urbanas*, 3.

Ramboll Studio. (2020). Start - Ramboll Studio Dreiseitl. Consultado el 4 de Octubre de 2020, en <http://www.dreiseitl.com/en/start>.

Reyes, S., Barbosa, O., Celis-Diez, J., & De La Barrera, F. (2018). Ecosistemas Urbanos. *Biodiversidad De Chile: Patrimonio Y Desafíos*, 1.

Rodríguez Rojas, M. (2020). Diseño urbano sensible al agua. Consultado el 11 de Abril de 2020, en <https://www.fnca.eu/guia-nueva-cultura-del-agua/el-agua-en-el-medio-urbano/disenio-urbano-sensible-al-agua>.

Romero, H., & Opazo, D. (2017). Ondas e islas de calor registrados en Santiago de Chile en enero de 2017.

Rozas, P., & Sánchez, R. (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico. Santiago: Naciones Unidas, CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Santos, R. (2011). Arquitectura Híbrida: contexto, escala y orden (Doctorado). Universidad Politécnica de Catalunya.

Sudsostenible.com. (2020). SuD Sostenible. Consultado el 4 de Octubre de 2020, en <http://sudsostenible.com>.

Suarez, A., Camarena, P., Herrera, I., & Lot, A. (2011). Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México. *Universidad Nacional Autonoma De Mexico*.

Sukhdev, P. (2010). *The economics of ecosystems & biodiversity* (1). Malta.

Susdrain.org. (2020). Susdrain - The community for sustainable drainage. Consultado el 4 de Octubre de 2020, en <https://www.susdrain.org>.

Tucci, C. (2007). Urban Flood Management.

van Lierop, M. (2011). Bringing the ecosystem services concept to landscape architecture. *Wageningen University And Research*.

Vergara, L., & Verdugo, R. (2017). Características del terreno de fundación de sitios con edificios dañados severamente en el terremoto del 27F. *Obras Y Proyectos*, 21, 46-53.

