

vivienda periurbana

2020, Josefina Echaíz

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



Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos
Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía



Taller de Investigación Avanzada MASE

Vivienda Periurbana

Agrupación residencial intermedia de bajo impacto
para definiciones espaciales y habitacionales contemporáneas

por
Josefina Adriana Echaíz Leiton

Tesis presentada en la Escuela de Arquitectura de la Pontificia Universidad Católica de Chile,
para optar al título de Arquitecto y Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Profesores guía
Javier del Río y Felipe Encinas

Enero, 2020
Santiago de Chile

a mis padres, hermanos y demás miembros de la familia por su apoyo y cariño incondicional a lo largo de toda la carrera

a mis amigas, amigos y especialmente a Mario por brindarme risas, alegría y un soporte emocional fundamental durante todo el proceso

a mis profesores/as por su buena disposición, entusiasmo, creatividad y confianza en mis capacidades

a mis compañeros del taller, por hacer cada corrección entretenida, interesante y estimulante

y a todos quienes de alguna manera me ayudaron a lo largo de este camino

gracias.

dedicada a Pipe y Lalo

Resumen

En el marco de la continua expansión urbana de Santiago hacia las periferias rurales en forma de conjuntos residenciales en extensión, la presente tesis se propone la búsqueda de una nueva solución habitacional que recoja la cualidad intermedia campo-ciudad del espacio periurbano causando el menor impacto ecológico posible.

En primer lugar, se caracterizan las formas de densificación que actualmente se desarrollan en el territorio periurbano, contrastando el imaginario de la oferta con la percepción de sus habitantes.

En segundo lugar, se ilustran los atributos de la ruralidad y funciones ecosistémicas que se ven amenazadas a raíz de la replicación de modelos urbanos descontextualizados.

Finalmente, a partir de las necesidades identificadas, se desarrolla un modelo contemporáneo de vivienda a la medida de los usuarios del espacio periurbano, que protege el territorio y que permite un habitar y un crecimiento sostenible en el tiempo.

Índice

Resumen	06	Capítulo III: Modelo de vivienda periurbana	49
Capítulo I: Introducción	08	3.1 Disposición en el territorio	50
1.1 Contexto	09	3.2 El patio como articulador	54
1.2 Presentación del problema	11	3.3.1 Entre público y privado	54
1.3 Pregunta de investigación + hipótesis	13	3.3.2 Entre interior y exterior	57
1.4 Objetivos y metodología	13	3.3 Sistemas de confort y eficiencia de recursos de bajo impacto	66
Capítulo II: Requerimientos de un intermedio urbano-rural	15	3.4.1 Climatización con material vegetal	67
2.1 Marco teórico	16	3.4.2 Generación eléctrica con energía solar	69
2.1.1 Lo intermedio	16	3.4.2 Reciclado de aguas grises para riego	70
2.1.2 Lo periurbano	17	3.4 Elección de materiales según análisis ciclo de vida	72
2.2 El periurbano actual: Buin como caso de estudio	21	3.5 Sistema constructivo y análisis de desempeño	75
2.2.1 Levantamiento de la oferta inmobiliaria de vivienda	23	Capítulo IV: Conclusiones	85
2.2.2 El imaginario proyectado	35	Referencias	90
2.2.3 Percepción de los habitantes	37	Anexos	95
2.3 Los atributos de la ruralidad	40		
2.3.1 Definición de impacto ecológico	40		
2.3.2 Composición de suelos de Buin y sus beneficios ecosistémicos	41		
2.3.3 Estrategias de minimización del impacto ecológico	44		

I.

Introducción

1.1 Contexto: El habitar urbano

“El ciudadano contemporáneo se enfrenta con toda clase de dificultades que hacen de su diario vivir una calamidad”

- Marcial Echeñique, “Entender la ciudad”, 1995

Quienes viven en ciudades experimentan los efectos de las problemáticas medioambientales en su día a día. Ya en 1999, la CEPAL declaró que en la gran mayoría de los países en vías de desarrollo, el crecimiento desmesurado de las áreas metropolitanas está generando presiones insostenibles sobre los recursos y la ordenación armónica y sustentable del territorio. Aire contaminado, ruidos molestos, desbordes de alcantarillado y aumentos en la temperatura son características típicas de la vida en la ciudad, y se deben a dinámicas de urbanización que en ocasiones incluso interrumpen los procesos naturales del ecosistema.

Las grandes metrópolis en expansión del mundo tienen distintas geografías, historias y culturas, sin embargo encuentran un punto común en sus problemas. La gran concentración de industrias y automóviles produce agentes contaminantes dañinos para las personas. Las edificaciones obstruyen el movimiento del aire ya contaminado. La contaminación atmosférica en Santiago supera constantemente las normas primarias de calidad del aire establecidas para el carbono, ozono y material particulado. Tal es la relación entre mala calidad del aire y ciudad, que la contaminación atmosférica es un concepto inevitablemente ligado al hábitat urbano (O’Ryan y Larraguibel, 2000).

Las altas densidades de población y nuevamente los vehículos generan un ambiente bullicioso y agitado, siendo el ruido ambiental uno de los contaminantes más molestos de la sociedad

moderna. Un estudio realizado en 2007 por la Universidad Católica encontró que tanto barrios residenciales sin locomoción colectiva (Pedro de Valdivia Norte, 55 dB) como la avenida principal de Santiago (Lib. Bernardo O’Higgins, 87 dB) presentaban en promedio niveles de ruido considerados inaceptables por las normas de calidad ambiental internacionales (50 dB para áreas residenciales) (Platzer et. Al., 2007).

Las grandes cantidades de concreto y otros materiales impermeables impiden que el agua sea absorbida por la tierra, produciendo inundaciones de aguas sucias y contaminando las aguas limpias. Esta capa impermeable también genera el efecto isla de calor, subiendo la temperatura varios grados en las urbes en comparación con el área rural. Ya en 1937, Kratzer intuía que la capacidad de almacenamiento de la vegetación y los suelos en las áreas rurales, severamente disminuida en las urbes, era una de las razones de las diferencias térmicas entre la ciudad y su periferia.



figura 1: Contaminación en Santiago
fuente: archivo EFE

Un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Chile y de Barcelona encontró que en Santiago, durante el mes de otoño, se observan diferencias térmicas superiores a los 4,6°C respecto a su periferia rural, incluso llegando a los

7°C en la zona oriente de mayor densidad construida (Sarricolea & Martín-Vide, 2014). Este aumento de calor deviene en un mayor consumo energético por demanda de refrigeración, exacerbando la emisión de contaminantes atmosféricos desde las plantas eléctricas (Romero & Sarricolea, 2006).

Estos problemas se encuentran contenidos en lo urbano, pero lo urbano no se encuentra contenido. Podemos observar que las ciudades no son estáticas, sino que cada vez crecen más rápido. El caso de Santiago de Chile es un claro ejemplo. El primer límite urbano de la ciudad se estableció en 1960 con el primer Plan Intercomunal de Santiago, y determinaba tres áreas: urbana, suburbana y rural. Cada una de estas áreas permitía distintos usos de suelo, sin embargo vemos que estos límites eran fácilmente maleables. En 1979 se produce un punto de quiebre con la implementación de la Política Nacional de Desarrollo Urbano, cuya base es el mercado de suelo liberal y donde el Estado asume un rol subsidiario para la provisión de infraestructura y equipamiento. Al respecto, el planificador urbano Pablo Trivelli destacó:

“La carencia de normas restrictivas “artificialmente impuestas” permitiría que la rentabilidad de las diferentes actividades vaya definiendo, a través de un proceso de libre competencia, los usos a los cuales debe ser asignado el suelo. El mercado se traduce así en el único indicador relevante, señalando las tendencias “naturales” del desarrollo urbano” (Trivelli, 1980, p.45).

Enmarcado en esta política, durante los años ochenta el autor material de una buena parte de la expansión de Santiago fue el Estado, a través de su política de vivienda social, cuyo objetivo clave fue la erradicación de campamentos. Las comunidades erradicadas fueron trasladadas a nuevos conjuntos habitacionales alejados del centro de la ciudad, por lo que los límites se ampliaban dependiendo de la necesidad de terreno.

De los años noventa en adelante, la expansión ha estado estrechamente ligada al sector privado, en forma de desarrollos

inmobiliarios de mediana densidad¹ (Cáceres, 2015). Actualmente, la especulación en el mercado de suelos es un negocio millonario, donde un cambio en los límites puede significar ganancias sustanciales. En vista de la fugacidad de los instrumentos normativos y los diversos intereses asociados a los mismos, podemos inferir que fijar el límite no es un medio eficaz para contener el crecimiento urbano (Petermann, 2006). Tanto así, que la mancha urbana de Santiago pasó de 51,9 mil hectáreas en 1992 a 85,9 mil hectáreas aproximadamente en 2012 (**fig. 2**).

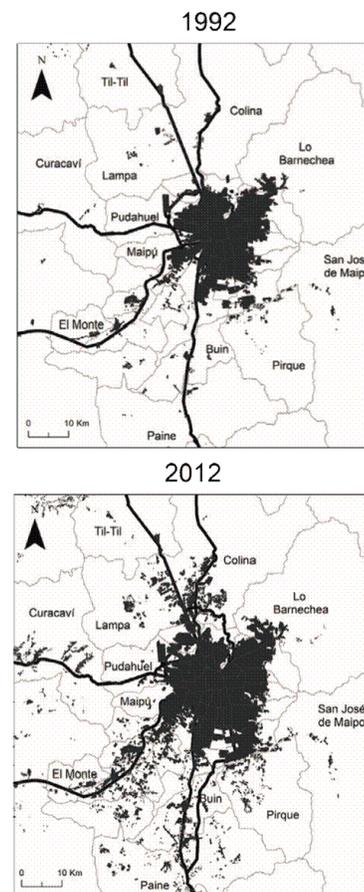


figura 2: Expansión de Santiago 1992-2012
fuente: Fuentes & Pezoa, 2018

¹ Es importante mencionar que en años más recientes, de forma paralela, también han proliferado desarrollos inmobiliarios de vivienda mínima en zonas centrales, los conocidos “guetos verticales”, como estrategia de densificación.

Las comunas al sur poniente de la capital han sido las mayores contribuidoras a la explosión, con un crecimiento horizontal de 10.785 hectáreas en veinte años (Fuentes y Pezoa, 2018). Esto se debe en gran parte al impacto de la infraestructura de transporte. Nuevas líneas de metro y tren, pero principalmente autopistas privadas, han permitido alcanzar lugares otrora aislados en tiempos relativamente cortos. Estas líneas llegan a las áreas centrales de la ciudad, dándoles acceso a un amplio mercado y por consecuencia aumentando su valor. Por otra parte, la accesibilidad a la periferia aumenta la oferta de suelo urbano, volviéndolo menos costoso en estas zonas. (Echeñique, 1995)

Este crecimiento ha avanzado sobre las periferias rurales, replicando modelos urbanos y con ellos los problemas medioambientales que conllevan. Como hemos establecido, este avance no es continuo ni regular, sino fragmentado y dinámico, germinando al alero de las nuevas líneas de transporte y produciendo un territorio que existe entre la urbanidad y la ruralidad. La insuficiencia de la definición binaria de urbano y rural en la conformación y definición de las ciudades no es un tema nuevo y ha sido abordado por numerosos autores, cuyos alcances se discutirán en mayor profundidad más adelante. Este espacio híbrido se ha definido más comúnmente como periurbano y se trata de lugares donde los “vínculos, cambios y conflictos urbano-rurales (de carácter económico, social y ambiental) llegan a su máxima intensidad” (Allen, 2006, p.9)

En el caso de Santiago, la explosión del desarrollo urbano privado iniciado en los noventa tuvo directa relación con la valorización de territorios periurbanos como potenciales locus de hábitat urbano, en vista de la conectividad entregada por nuevas autopistas (Cáceres, 2015). En otras palabras, el suelo del territorio periurbano se ve determinado por el mercado, sin consideración de sus dinámicas biológicas, culturales y sociales. El espacio periurbano es una resultante que se construye a partir de oportunidades económicas, ocasionando un habitar que no está hecho para las personas.

1.2 Presentación del problema: Alternativas insuficientes

En un anhelo por evitar los problemas asociados a la vida en la ciudad antes mencionados, hay quienes deciden irse a vivir, o bien continúan viviendo, en las periferias de la metrópolis que aún conservan algún grado de ruralidad. Existe una necesidad de viviendas por parte de personas que valoran cierto estilo de vida que se desarrolla en el límite entre urbanidad y ruralidad. Cualidades como el aire limpio, la tranquilidad, los paisajes e incluso la tradición son muy valorados por quienes deciden vivir en comunas como Buin, Paine, Pirque o Talagante (**fig. 3**), entre otras.

Esta demanda se ve abordada de dos maneras principalmente: por un lado, se construyen grandes casas en extensas parcelas, solo accesibles para quienes cuentan con un gran poder adquisitivo. Este tipo de vivienda bordea los 10.000 UF, con áreas construidas de alrededor de 400 m² en promedio y terrenos entre 4 y 7 hectáreas.

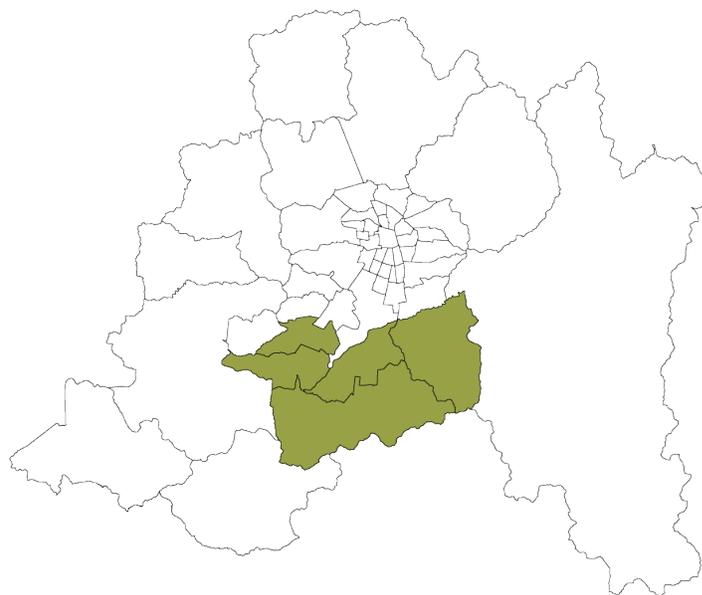


figura 3: Comunas al sur del Gran Santiago
fuente: elaboración propia

Por otro lado, y aún más preponderante, aparecen los proyectos inmobiliarios y condominios habitacionales, una serie de casas perfectamente iguales entre sí e indistintas de cualquier suburbio (fig. 4). Estas viviendas son más accesibles y alcanzables para el ciudadano de clase media, con precios entre los 2.000 y 3.500 UF, en varias ocasiones siendo aplicable el subsidio DS19 de Integración Social y Territorial. Los tamaños del espacio construido habitable van entre los 60 y 100 m², para los más pequeños habitualmente se sugiere un área de ampliación de alrededor de 15 m². Los predios de estas casas suelen ir entre los 85 y 140 m².

Este tipo de proyectos, si bien son exitosos debido a su accesibilidad económica y emplazamiento, no aprovechan a consciencia los atributos del espacio periurbano que los usuarios buscan. La amplitud natural del territorio es obliterada para volver a construir sobre ella pequeños jardines individuales, espacios recreativos mínimos que marginan a sus usuarios y que destruyen las dinámicas del suelo natural. Se pavimentan calzadas y veredas sin dejar espacio para la vegetación o el esparcimiento de los habitantes del conjunto, impermeabilizando la superficie e interrumpiendo el ciclo natural del agua.



figura 4: Condominio Sinergia, Buin
fuente: archivo autor

La orientación de las casas y la configuración de sus vanos y espacios exteriores las vuelven ajenas al paisaje privilegiado que las rodea. Sumado a todo lo anterior está la inexistencia de sistemas alternativos de generación de energía y de reciclaje de residuos. Se produce un círculo vicioso donde los desarrollos actuales replican los problemas a los cuales proponen una alternativa. En las figuras (5) y (6) podemos ver el avance en la construcción de una serie de desarrollos habitacionales en la comuna de Buin, de autoría de distintas inmobiliarias. Se observa cómo, en unos pocos años, los paños agrícolas se vuelven grises, introduciendo a la fuerza un trozo de ciudad que no dialoga con su contexto.

Por ejemplo, como descripción de uno de los condominios, Aires de Buin, se expone lo siguiente en el sitio web de la inmobiliaria PY:

“El entorno natural del proyecto Aires de Buin se encuentra en un lugar tan cercano a la ciudad, que no deja de sorprender: el ritmo calmado y pausado del sector transmite una renovación de energías para la convivencia familiar. Sus verdes paisajes y la vista a los faldeos cordilleranos, lo hace un atractivo único en el sector”

Sin embargo, el entorno natural y los verdes paisajes mencionados se ven consumidos por el mismo condominio, quedando como residuos sobrevivientes que fácilmente pueden desaparecer con la llegada de otro proyecto similar. De cierta forma, la solución se vuelve la causa del problema.

La calidad de vida lleva implícita la idea de sustentabilidad e introduce los aspectos ambientales en intersección con las necesidades humanas (Hernández, 2009). Las necesidades de habitabilidad de las personas van en concordancia con las exigencias para el correcto funcionamiento del medio ambiente. Es fundamental que el consumo de recursos no supere su tasa de renovación y no produzca residuos sobre su tasa de absorción por el medio.



figura 5 Vista aérea sector Buin Alto Jahuel (2007)
fuente: imágenes satelitales Google Earth



figura 6: Vista aérea sector Buin Alto Jahuel (2017)
fuente: imágenes satelitales Google Earth

Actualmente, los desarrollos residenciales no representan este cruce entre habitar humano y sustentabilidad ambiental, sino una relación de devastación, dañina para ambas partes. Se vuelve necesario, entonces, buscar una nueva solución habitacional, que integre las necesidades de los usuarios mediante una nueva relación con el territorio, que no sea perjudicial para el medioambiente y que permita un desarrollo sostenible. Se debe pensar en un modelo intermedio, tal como el espacio en que se emplaza.

1.3 Pregunta de investigación e hipótesis

La presente investigación se pregunta por las características de un modelo residencial decididamente periurbano, que permiten tanto satisfacer las demandas de sus usuarios como promover un crecimiento sostenible de la ciudad, específicamente se busca responder a:

¿Cómo se construye un nuevo habitar entre el campo y la ciudad, permitiendo un crecimiento sostenible y una relación recíprocamente beneficiosa con el territorio?

Se plantea como hipótesis que desde la unidad de la vivienda es posible reconfigurar y conservar las cualidades beneficiosas de lo periurbano. La vivienda periurbana sostenible será un modelo en agrupación con una **densidad equivalente** a los conjuntos periurbanos actuales y una **alta proporción de áreas verdes-exteriores**, con un **impacto ecológico mínimo** sobre el territorio. De esta manera será posible satisfacer las necesidades habitacionales actuales mientras se conservan y potencian las virtudes de la ruralidad.

1.4 Objetivos y metodología

Para responder a las interrogantes de la investigación y obtener sustento para la hipótesis, a continuación se plantean una serie de objetivos y la metodología para alcanzarlos.

Objetivo General:

Proponer un nuevo modelo residencial de bajo impacto ecológico que rescate las virtudes de la ruralidad en concordancia con las necesidades habitacionales actuales.

Objetivos Específicos y Metodología:

1. Identificar los requerimientos de densidad, tamaño y accesibilidad de una residencia intermedia urbano-rural

1.1 Levantamiento de los loteos y tipologías de vivienda existentes en zonas periurbanas y comparación con loteos rurales del valle central

1.2 Levantamiento del imaginario del habitar periurbano contenido en la oferta inmobiliaria para comprender el mercado actual

1.3 Entrevistas a habitantes de conjuntos habitacionales periurbanos con el fin de entender los motivos que los atrajeron y los hacen permanecer allí

2. Identificar las funciones ecológicas de la ruralidad y las estrategias para su convivencia con un programa habitacional

2.1 Caracterización de la composición de suelos de Buin mediante análisis de capacidad de uso

2.2 Evaluación de los servicios ecosistémicos de los suelos agrícolas y cerros

2.3 Revisión de estrategias urbanas y arquitectónicas para conservar el funcionamiento de dichos servicios en un conjunto habitacional

3. Desarrollar un modelo de vivienda intermedia urbano-rural de bajo impacto ecológico

3.1 Definición de espacios públicos y privados – exteriores e interiores a partir del patio como elemento intermedio configurador

3.2 Análisis del impacto ecológico de los materiales según análisis de ciclo de vida

3.3 Integración de sistemas de climatización y eficiencia de recursos con material vegetal, energía solar y reciclado de aguas grises como método de reducción de impacto ecológico

II.

Requerimientos de un intermedio urbano-rural

“El arte no es expresión de una objetividad natural, ni la de una subjetividad espiritual; es trabajo y testigo de la relación entre la sustancia del hombre y la sustancia de las cosas, el intermedio que ha tomado forma”

- Martin Buber, Yo y Tú, 1951

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Lo Intermedio

La noción de lo intermedio es fundamental en el desarrollo de un proyecto de arquitectura que busca la integración de dos realidades opuestas: lo urbano y lo rural. El filósofo alemán Martin Buber (1951) usa el término *entre* ampliamente en su trabajo, donde lo define como la relación entre las cosas y la esencia misma del hombre, al encontrarse esta entre ser y ser algo. Así, lo intermedio es lo que exalta la cualidad particular de lo individual.

Esta conceptualización es retomada por Aldo Van Eyck en sus playgrounds de los años '60: vacíos en la trama urbana, predios en desuso y plazas deficientes transformadas en lugares de juego para niños. En el desarrollo de estos patios, el arquitecto se propuso reconfigurar espacios exteriores urbanos de manera en que los niños pudieran sentirse protegidos, dándoles una interioridad propia de la habitación mediante una separación articulada de la calle. Van Eyck propone una extensión de la casa hacia el exterior, y a la vez la extensión de la ciudad hacia el interior (Gil, 2016). Lo fundamental de este entendimiento de lo intermedio es que se trata de poner en relación elementos opuestos como agentes complementarios, encontrando valor en el terreno común entre los dos.

En el marco de esta investigación, se propone extender lo urbano hacia lo rural y lo rural hacia lo urbano, por lo que se deben entender los aspectos esenciales de cada realidad antes de encontrar un punto intermedio.

Esta búsqueda por una intersección entre la metrópolis industrial y la idílica civilización rural ha sido abordada durante décadas, dando paso al nacimiento de una serie de utopías. Las Ciudades Jardín (inicios s.XX) de Ebenezer Howard fueron unas de las primeras conceptualizaciones de una sociedad que niega la distinción entre ciudad y campo, integrando la vivienda, el trabajo y el ocio en una relación estrecha con el territorio. La visión totalizadora de Le Corbusier con su plan de Ville Radieuse (1933) para París fue una aproximación a un ambiente urbano saludable y eficiente, densificando con construcciones en altura y liberando el suelo para extensas áreas verdes. Frank Lloyd Wright también exploró el concepto de una combinación entre suburbio y región en su Broadacre City (1935), donde cada familia sería dueña de una gran porción de terreno para vivir, cultivar y trabajar. En el New Regional Pattern (1949), Ludwig Hilberseimer planteó ideas para una relación sostenible entre humanos, industria y naturaleza, combinando espacios productivos y residenciales.



figura 7: Maqueta plan Ville Radieuse, Le Corbusier
fuente: Plataforma Arquitectura



figura 8: Broadacre City, Frank Lloyd Wright
fuente: Frank Lloyd Wright Foundation

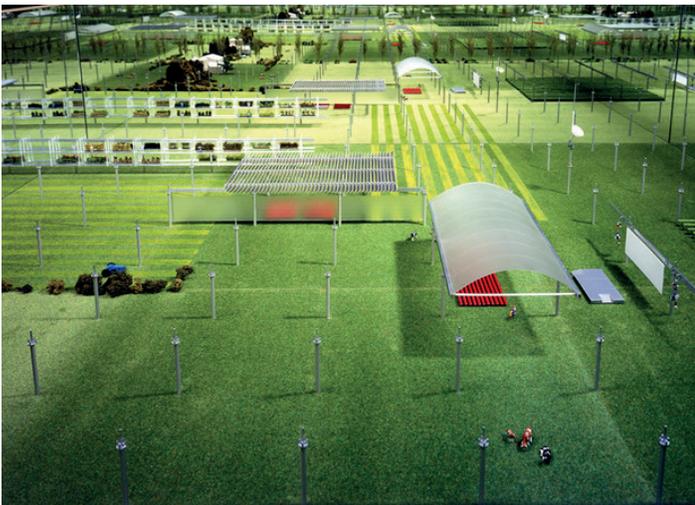


figura 9: Agrónica, Andrea Branzi
fuente: Graham Foundation

El urbanismo débil propuesto por Andrea Branzi en *Agrónica* (1995) propuso la compatibilidad entre el espacio agrícola y urbano, con edificaciones ligeras y adaptables para un territorio en constante renovación. En todos estos proyectos, el paisaje se considera como una matriz organizadora para el desarrollo urbano, dando paso a estructuras territoriales descentralizadas (Sommariva, 2016). Por otro lado, a excepción de la ciudad jardín de Howard, todas estas aproximaciones se mantuvieron en la teoría, en ocasiones aplicándose algunos de sus principios a una escala menor. Entendiendo lo anterior, un proyecto capaz de ser ejecutado en la práctica debe tener la aptitud de moverse entre las restricciones políticas, sociales y económicas del mundo actual, y en el mismo sentido, tener consciencia de qué problemas puede hacerse cargo. Entonces, al preguntarnos por una hibridación entre lo rural y lo urbano, debemos mirar hacia las definiciones imperantes en nuestro contexto inmediato.

2.1.2 Lo Periurbano

Existen diversas definiciones legales respecto a la caracterización del territorio. El punto en común entre ellas es el carácter dicotómico entre lo urbano y lo rural, donde no se reconoce una cualidad intermedia.

Para efectos del censo del año 2017, El Instituto Nacional de Estadística (INE) define las áreas urbanas y áreas rurales a partir de términos demográficos, geográficos y económicos. Las **áreas urbanas** son aquellos asentamientos humanos con continuidad y concentración de construcciones en un amanzamiento regular con población mayor a 2.000 habitantes, donde menos del 50% de la población que trabaja se dedica a actividades primarias. Las **áreas rurales** por su parte corresponden a los asentamientos humanos con población igual o menor a 1.000 habitantes y donde más de la mitad de los trabajadores se dedica a actividades primarias (INE, 2017).

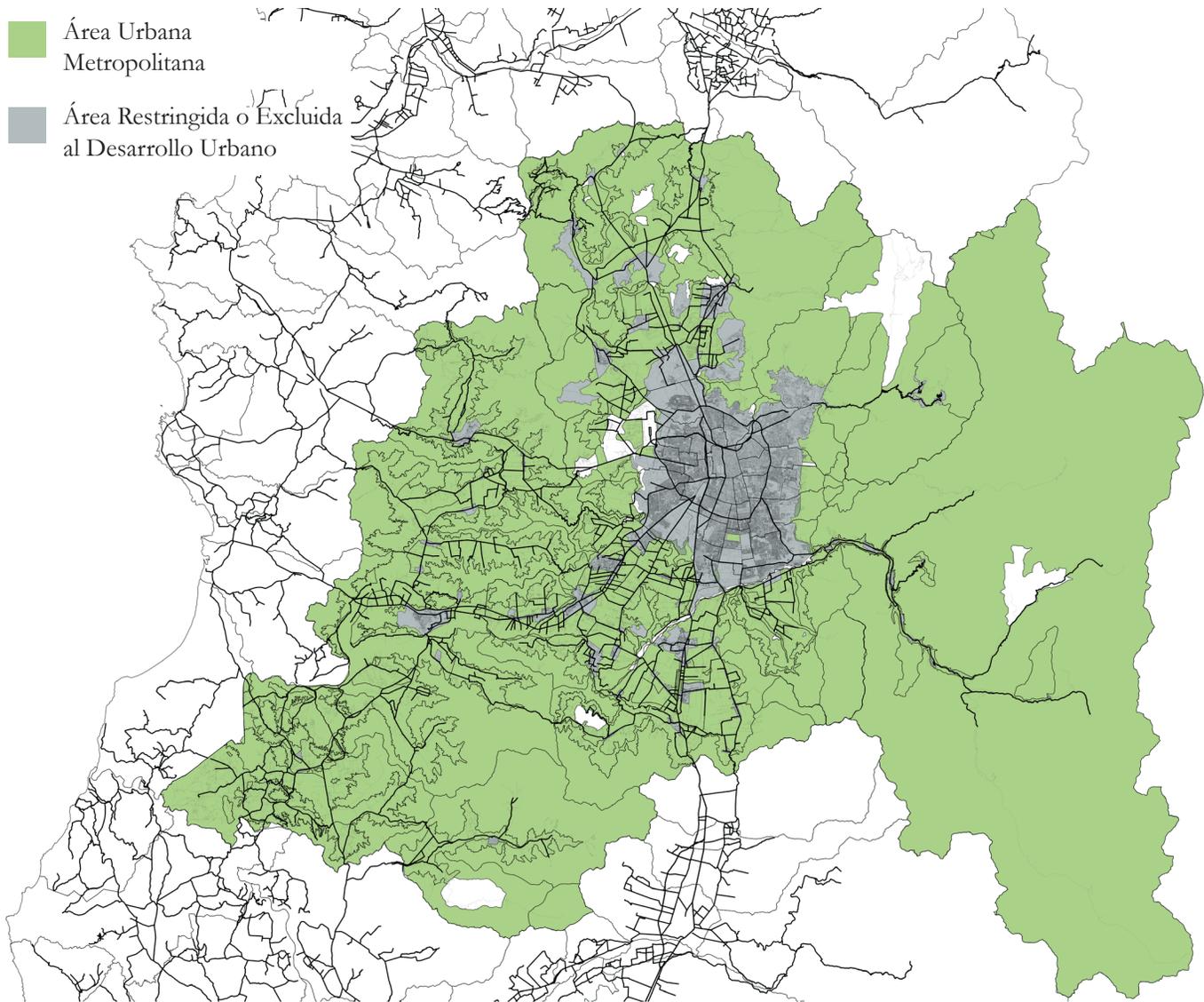


figura 10: Zonificación Urbano-Rural
fuente: elaboración propia en base a Plan Regulador Metropolitano 2008

Se observa en este caso, una definición que no considera áreas intermedias.

Por otro lado, El Plan Regulador Metropolitano de Santiago (PRMS) de 2008¹ define dos macro áreas para el desarrollo urbano: el Área Urbana Metropolitana (gris) y el Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano (verde) (**fig. 10**).

El **Área Urbana Metropolitana** es aquel territorio circunscrito por el **Límite de Extensión Urbana** y que por su capacidad, se destina a acoger el crecimiento de la población urbana y sus actividades. Esta macroárea está conformada por el continuo urbano de Santiago Metropolitano y las localidades urbanas de las comunas integradas al PRMS y está constituido por las **áreas urbanizadas** (circunscritas por los límites urbanos vigentes) y las **áreas urbanizables** (circunscritas por el Límite de Extensión Urbana, excluidas las Áreas Urbanizadas). El PRMS solo entrega una definición para la primera macro área, de donde se entiende que el **Área Restringida o Excluida al Desarrollo Urbano** sería todo el terreno restante. En ese sentido, podemos entender lo rural como lo que no es urbano, lo que sobra. Si buscamos una categoría intermedia entre lo urbano y rural sólo encontramos las áreas urbanizables, que se refieren a la posibilidad de urbanizar. En estas nuevas zonas de extensión, el PRMS reserva un 25% del terreno para áreas verdes², sin embargo no entrega directrices para el tipo de urbanización del espacio restante, siendo posible construir tal y como se hace en la ciudad.

En vista de la falta de definiciones pertinentes para entender y proteger el carácter periurbano de varias comunas de Santiago, se recurre a la literatura escrita sobre el tema.

¹ Finalmente aprobado el 2011 como PRMS 100

² La construcción de áreas verdes caduca luego de cinco años, es decir; si no se inicia su construcción en cinco años, dejarán de ser áreas verdes y se podrán urbanizar

Existen una serie de aproximaciones hacia una caracterización de las interacciones urbano-rurales. A pesar de que las descripciones suelen ser dicotómicas, en realidad, las cosas tienden a ser mucho más complejas: los límites de los asentamientos urbanos suelen ser más borrosos que los descritos por delimitaciones administrativas, especialmente cuando se considera el uso de los recursos rurales por parte de las ciudades; El movimiento de la población, especialmente la migración temporal y estacional, generalmente no se refleja en las cifras del censo y puede hacer que las enumeraciones de poblaciones rurales y urbanas no sean confiables; finalmente, un gran número de hogares en áreas urbanas tiende a depender de los recursos rurales, y las poblaciones rurales se dedican cada vez más a actividades no agrícolas (Taconi, 1998). Algunos, como Marla Hewitt, argumentan que no existen categorías de urbano y rural, sino un continuo de menos rural a más rural. Otros postulan que el avance de la ciudad hacia el campo implica la obliteración de la campiña o bien la cooperación de lo urbano y rural, eliminando la dicotomía (Julliard, 1973). El Rural Policy Research Institute (RUPRI, 1998) declara que el elemento clave del periurbano es su naturaleza dinámica, donde la densidad de definiciones, tipos y formas sociales aumenta, fomentando el conflicto y la evolución social. Común a todas estas aproximaciones, es el hecho que el “espectro de transición de urbano a rural es discontinuo, irregular y multidimensional, y que deviene de procesos sociales y económicos. Esta condición transiti-va explica que un mismo territorio se asocie a procesos tan variados como, pérdida de suelo fértil, deterioro de paisajes naturales, urbanización de baja densidad y ciudad deficitaria en infraestructura” (Allen, 2003).

Esta cualidad de transición se encuentra presente en una serie de comunas del Gran Santiago, donde se observa un constante cambio en los usos de suelo agrícolas y urbanos, mutaciones en la composición socioeconómica y grandes desplazamientos diarios de población mediante las principales vías de transporte.



figura 11: Clasificación comunas Región Metropolitana
 fuente: elaboración propia en base a De Mattos, Fuentes & Link (2014)

De Mattos, Fuentes & Link (2014) proponen una categorización de las comunas del “Sistema Urbano de Santiago”, a partir de tres criterios: **localización (a)**, en función de la cercanía al anillo de Américo Vespucio y mancha urbana; **localización (b)**, en función del centro histórico fundacional de la ciudad; y según **patrones sociodemográficos (c)**, específicamente datos de estructura familiar, tipo y tenencia de vivienda, migración metropolitana y categoría socio-ocupacional. Con este alcance, se obtiene una caracterización socioespacial de las comunas según cuatro categorías: centro histórico, primera corona, corona exterior y periurbano expandido. Para efectos de esta investigación, las comunas se han agrupado tres macrozonas (**fig. 11**), donde el centro y la primera corona se consideran como *urbano*, la corona exterior como *suburbano* y el periurbano expandido como *periurbano*.

Las comunas que se ubican en la zona periurbana se localizan en el área regional del Área Metropolitana de Santiago (AMS), fuera del anillo de Américo Vespucio y se encuentran vinculadas a las comunas urbanas en términos viales, de intercambio económico e intercambio social. Hasta el 2002, el 15% o más de su población económicamente activa trabajaba en el AMS, pudiéndose considerar como parte de un sistema urbano según la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD, 2012). Estas comunas se caracterizan por una prevalencia de programas habitacionales, donde entre 2002 y 2011 experimentaron un crecimiento porcentual de viviendas cercano al 50%. Las viviendas suelen albergar familias grandes, donde un 44,8% son habitadas por cinco o más personas, siendo más prevalentes las casas de 3 dormitorios.

La esencia de las comunas periurbanas reside en su condición intermedia, al tener una relación interdependiente con la zona urbana pero sin pertenecer a la misma. Revisaremos esta condición en más detalle a través de un caso de estudio.

2.2 Buin como caso de estudio

Se escoge como caso representativo de espacio periurbano la comuna de Buin, perteneciente a la provincia de Maipo y parte del AMS. En Buin se encuentra la convivencia de terrenos agrícolas activos, algunas industrias y una creciente cantidad de conjuntos habitacionales de baja densidad y gran extensión. Los orígenes fundacionales de esta comuna se remontan al 1844, donde se conforma a partir de la donación de terrenos privados al estado en pos de la formación de nuevos pueblos como herramienta para la consolidación de la República. Estos terrenos estaban dedicados a la explotación agrícola, principalmente frutales, ganaderos y vitivinícolas. Esta cualidad rural es aún parte del paisaje del lugar, sin embargo se ve reducida día a día debido a la consolidación de Buin como ciudad satélite de Santiago, lo que genera un territorio donde edificaciones de carácter absolutamente urbano se entremezclan con viñas y plantaciones.

Cabe destacar, que la pérdida de lo rural no es necesariamente negativa, más bien es un proceso natural de las sociedades contemporáneas, no obstante, en este caso se observa un avance hacia su obliteración total. El atractivo de este lugar como foco de desarrollo, en particular inmobiliario, se explica en el valor reducido de los terrenos y en la conectividad con la capital. Existen varios modos de cubrir los 35 km de distancia desde Santiago, tanto en auto como en transporte público (**fig. 12**). La principal vía es la Ruta 5, una autopista privada que a lo largo de este tramo se denomina Ruta del Maipo; otra opción es la recientemente inaugurada Autopista Acceso Sur, mediante el km 27. Usando estas vías, el trayecto hasta estación central toma entre 45-55 minutos en auto, sin tráfico. Si no se dispone de un vehículo privado, se tienen otras opciones: el Metrotren Rancagua, que dispone de tres paradas en la comuna (Linderos, Buin y Buin Zoo) o bien alguno de los buses rurales de la línea Buin Maipo que se mueven a lo largo de la Ruta 5 sur y se adentran hacia las calles más pequeñas.



figura 12: Conexiones entre Santiago Centro y Buin
fuente: elaboración propia

Utilizando este medio, el viaje toma entre 50 minutos a 1 hora y 20 minutos hasta el mismo destino.

Esta fácil accesibilidad es un elemento clave de los espacios periurbanos que, en numerosas ocasiones, se desarrollan alrededor de las vías conectoras, dando origen a muchos de los pueblos lineales en torno a calles que se observan en el valle central chileno. Los condominios habitacionales no son la excepción, constituyendo el paisaje a ambos lados de la carretera durante extensos tramos de la Ruta 5. La distinción con pequeños pueblos-calle es, primero, el hecho que la carretera es intransitable para un peatón y por ende funciona como división, y segundo, que estos condominios funcionan dentro de sí mismos, por lo que no se conforma un gran vecindario sino una serie de eventualidades contenidas. A pesar de esta característica, la comuna de Buin cuenta con un centro consolidado, y posee todos los servicios básicos necesarios para funcionar de manera independiente. Buin tiene 33 establecimientos educacionales (15 públicos, 14 particular subvencionados y 4 privados), 11 establecimientos de salud municipal (5 postas rurales, 3 CESFAM, 1 SAPU, 1 CECOF y un centro de rehabilitación), supermercados, bancos, farmacias y locomoción pública.

Cuando analizamos la normativa de uso de suelo en la comuna, podemos observar que esta es predominantemente rural y los asentamientos urbanos se concentran en localidades puntuales: (a) Buin-Maipo-Linderos, (b) Alto Jahuel, (c) Viluco y (d) Valdivia de Paine (**fig. 13**). A pesar de abarcar menos del 5% del territorio, el área urbana aloja a un 78% de la población. La delimitación del límite urbano vigente incluye terrenos actualmente agrícolas, que colindan desarrollos inmobiliarios. El Plan de Desarrollo Comunal de Buin (2014-2017) menciona como parte de su imagen objetivo “una comuna que integra sus identidades rural y urbana”, sin embargo, actualmente la relación entre ambos es virtualmente nula, desperdiciando la oportunidad de generar una comuna mixta e integrada.

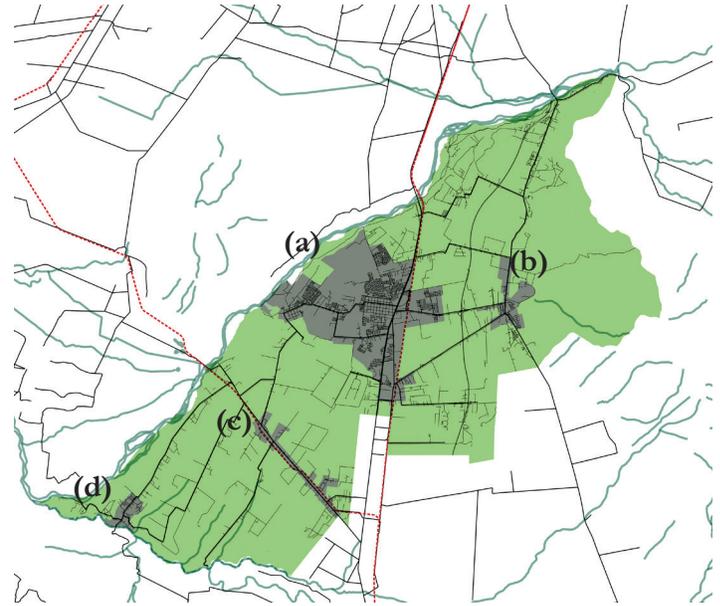


figura 13: Normativa usos de suelo en Buin
fuente: elaboración propia

Actualmente, Buin no cuenta con un Plan Regulador Comunal que establezca reglas específicas respecto a las maneras de urbanizar. A continuación observaremos como se manifiesta esta libertad de acción.

2.2.1 Levantamiento de la oferta

La comuna se observa como un territorio en transformación, que se vuelve evidente al observar el panorama desde arriba. Si examinamos la ubicación de conjuntos habitacionales inmobiliarios dentro de la comuna (**fig. 14**) podemos notar que se ubican hacia el sur y a los costados de vías de transporte importantes. También se observa que mientras más se alejan del centro de la comuna, mayor es su extensión.

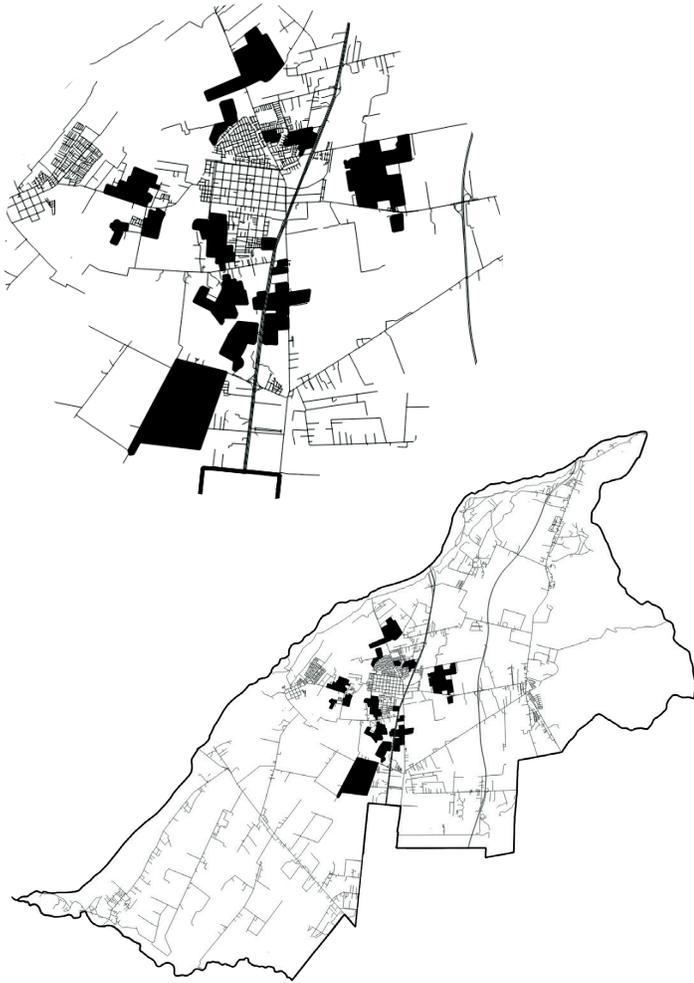


figura 14: Conjuntos habitacionales inmobiliarios en Buin
fuente: elaboración propia

A continuación se presentan fotos satelitales que muestran los cambios en el suelo a lo largo de quince años (entre el 2004 y el 2019), donde el suelo agrícola pasa a ser utilizado por condominios habitacionales (**fig. 15**). Se presentan fotos de distintos sectores, en algunos casos se observa más de un desarrollo inmobiliario en el mismo lugar, ya que es una práctica común que se ubiquen unos al lado de otro.



Buin Alto Jahuel

2004



2019

figura 15: Avance inmobiliario sobre terrenos agrícolas en Buin
fuente: Imágenes satelitales Google Earth



Calle Villaseca Oriente

2004



2019



Calle Villaseca Poniente

2004



2019

figura 15: Avance inmobiliario sobre terrenos agrícolas en Buin
fuente: Imágenes satelitales Google Earth



Camino Buin Maipo

2004



2019



Camino el Arpa

2004



2019

figura 15: Avance inmobiliario sobre terrenos agrícolas en Buin
fuente: Imágenes satelitales Google Earth



Valle Araucarias (Ruta 5 Sur)

2004



2019

figura 15: Avance inmobiliario sobre terrenos agrícolas en Buin
fuente: Imágenes satelitales Google Earth

Estas imágenes dan cuenta de la relación entre lo rural (el pasado) y lo urbano (lo nuevo), que no es más que una de proximidad. No existe una interacción entre ambas realidades, y se entiende que esta manera de urbanizar continuará transformando el paisaje hasta agotar los suelos agrícolas y silvestres. La configuración espacial de estos conjuntos relega los espacios rurales a una condición de residuo, quedando acorralados entre una serie de conjuntos. Esto se observa claramente en el sector de la calle Villaseca Oriente y en el de Camino el Arpa, donde los paños intersticiales pierden su cualidad fértil y quedan sentenciados a convertirse en nuevos desarrollos inmobiliarios.

Si observamos en más detalle algunos de los loteos podemos observar características que se repiten a lo largo de los conjuntos. La **figura 16** ilustra tres condominios aledaños al Camino Buin-Alto Jahuel: el Barrio Residencial Cumbres de Buin (1), el Condominio Parque Buin (2) y el desarrollo Aires de Buin (3).

A pesar de variar bastante en superficie total y en cantidad de viviendas, los tres casos tienen densidades similares. En Cumbres de Buin encontramos 442 casas en un terreno total de 21 hectáreas, alcanzando una densidad de **21 viviendas/hectárea**. La cantidad de áreas verdes corresponde a 0,85 hectáreas (4%). Contiguo a este, el Condominio Parque Buin (aún en etapa I) tiene un tamaño de 6,4 hectáreas con 0,23 (3,6%) hectáreas de áreas verdes comunes. El condominio alcanza una densidad de **22 viviendas/hectárea**, al contar con 146 casas a la fecha. Por último, Aires de Buin tiene una extensión total de 9,7 hectáreas, de las cuales 0,5 (5,2%) corresponden a áreas verdes comunitarias. Con 236 casas, el conjunto alcanza una densidad de **24 viviendas/hectárea**.

Las grandes extensiones de los loteos fragmentan el espacio, dificultando el movimiento dentro de la comuna y condicionando la duración de los traslados. Además, no cuentan con ciclovías que los conecten con vías mayores, por lo que los usuarios deben caminar largas distancias o utilizar el auto.



figura 16: Plano de loteo conjuntos habitacionales periurbanos, Buin
fuente: elaboración propia en base a imágenes satelitales Google Earth

Estos conjuntos se construyen a partir de viviendas unifamiliares, donde casi la totalidad del terreno es vivienda construida, dejando un espacio mínimo para las áreas verdes privadas. Aún más escasos son los espacios de esparcimiento y recreación comunes, que por lo demás son bastante precarios. Esta configuración interna deficiente en áreas verdes puede deberse a la ausencia de un Plan Regulador Comunal para Buin, que sería el instrumento de planificación territorial encargado de establecer los mínimos en función de metros cuadrados por habitante.

Esta forma de habitar el territorio contrasta fuertemente con la de una típica vivienda rural chilena, en que el espacio habitable construido es mínimo y el terreno -productivo y recreativo- es parte fundamental de la vivienda (**fig. 17**).

La tipología rural se caracteriza por compensar la superficie reducida de la casa con una intensidad del uso cotidiano del territorio y los amplios espacios exteriores. El terreno se aprovecha en función de su capacidad de soportar distintos usos y actividades (Alarcón, 2018).

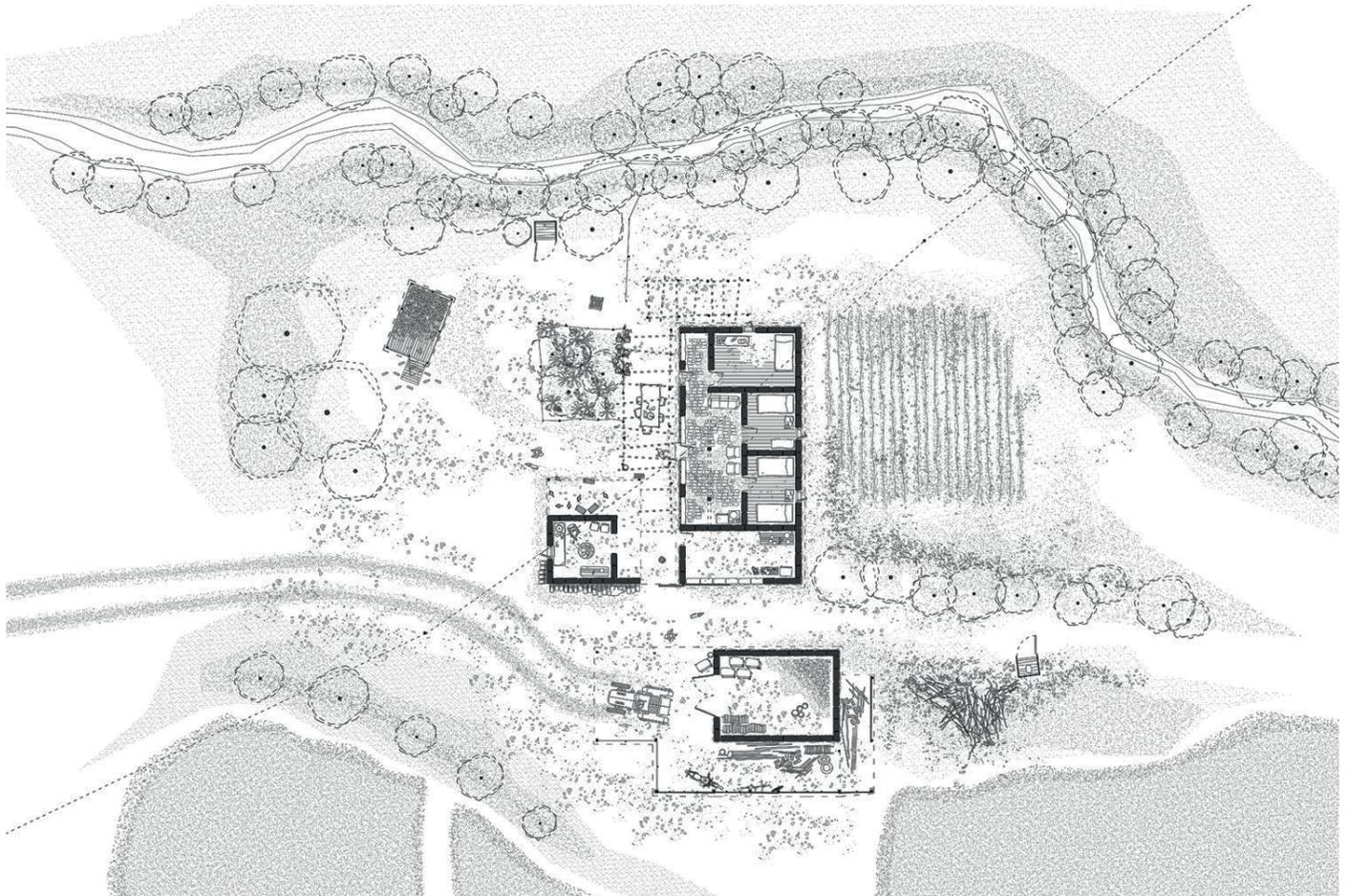
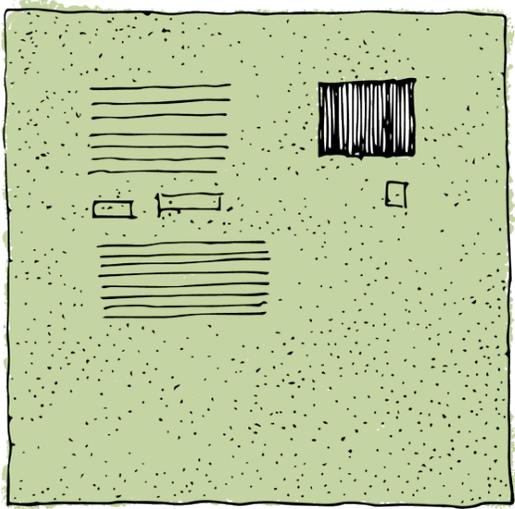


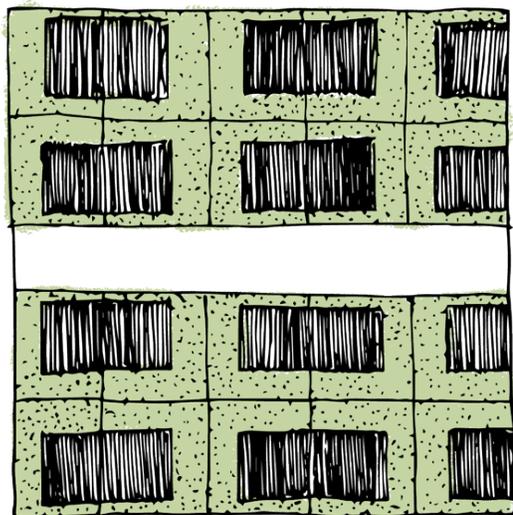
figura 17: Vivienda rural en Linares
fuente: Vivienda Rural en el Valle Central, Felipe Alarcón

Así, la vivienda rural suele tener una densidad de **2 viviendas/hectárea**, con un porcentaje de áreas verdes/productivas/exteriores cercana al **95%**, una configuración muy distinta a las tipologías inmobiliarias. (fig. 18).

En los conjuntos habitacionales de inmobiliaria el espacio exterior es lo que resta del terreno una vez construida la casa, por lo que suele tener dimensiones pequeñas y un uso infrecuente. Estas viviendas corresponden a tipologías establecidas que se repiten a lo largo de los conjuntos, generalmente encontrando entre 2-3 tipologías por condominio. La **figura 19** muestra un levantamiento de la oferta de tipologías de distintos conjuntos habitacionales en Buin, donde observamos la variación de tamaños, precios y características arquitectónicas.



vivienda rural 2 viviendas/ha
95% a. verdes



vivienda inmobiliaria 22 viviendas/ha
4% a. verdes



Casa Liucura

Vivienda: 71 m2 - Terreno: 128 m2
2.695 UF
Caicura

figura 18: Densidad y uso de suelo: vivienda rural vs. Conjunto habitacional inmobiliaria
Fuente: elaboración propia

figura 19: Viviendas tipo, conjuntos periurbanos, Buin
fuente: [páginas web]



Casa Nogal
 Vivienda: 77 m² - Terreno: 148 m²
 3.150 UF
 Almendros de Buin II



Casa Quillay
 Vivienda: 95 m² - Terreno: 214 m²
 4.100 UF
 Valle Araucarias



Casa 80 m²
 Vivienda: 80 m² - Terreno: 210 m²
 3.865 UF
 Aires de Buin



Casa Aura
 Vivienda: 52 m² - Terreno: 130 m²
 2.100 UF
 Terranoble

figura 19: Viviendas tipo, conjuntos periurbanos, Buin
 fuente: [páginas web]



Casa Reina Catalina

Vivienda: 90 m² - Terreno: 136 m²
3.250 UF
Plaza de Buin



Casa Espino

Vivienda: 52 m² - Terreno: 127 m²
2.450 UF
Umbrales de Buin

Al revisar las distintas tipologías presentes y sus características, podemos establecer al usuario y estilo de vida que se apunta. Los precios van desde los 2.100 a los 4.100 UF, viviendas fácilmente accesibles para la clase media en promedio. Este precio se ve reducido al aplicar el Subsidio de Integración Social y Territorial, que busca incorporar familias de nivel socioeconómico medio y vulnerable a barrios con buena accesibilidad y cercanía a servicios. Este beneficio estatal se utiliza ampliamente en la compra de este tipo de viviendas. El tamaño de estas casas también nos da otra pista respecto a sus usuarios. En casi la totalidad de los casos, los metros cuadrados son suficientes para albergar una familia de entre 3 y 5 personas. Esto apunta a las familias jóvenes, en ocasiones en búsqueda de una opción económica para su primera casa propia. Las tipologías dan la posibilidad de albergar a una familia en crecimiento, en varios casos permitiendo ampliaciones, incluso planteándolas como metros cuadrados adicionales en las plantas presentadas en sitios de internet.

Al observar estas tipologías y el modo en que se distribuyen a lo largo de los loteos, podemos darnos cuenta de que no se toma en consideración la orientación como factor de diseño, ya que la misma casa se dispone en orientaciones distintas sobre el terreno en función de la cantidad de espacio. Esta indiferencia puede causar que algunas viviendas sean más calurosas, más frías o peor ventiladas que otras del mismo tipo.

Además, si las comparamos con viviendas de inmobiliaria en comunas urbanas del Gran Santiago (**fig. 20**), no hay ningún aspecto de la arquitectura que permita distinguirlas de aquellas en comunas periurbanas. Por lo tanto, las tipologías que se construyen en Buin replican modelos tradicionales utilizados en la ciudad, ignorando las particularidades de su emplazamiento.

figura 19: Viviendas tipo, conjuntos periurbanos, Buin
fuente: [páginas web]



Vivienda: 113,4 m²
 Terreno: 127 m²
 Altos del Bosque (La Florida)



Vivienda: 55 m²
 Terreno: 92 m²
 Condominio Los Pinos (Puente Alto)



Vivienda: 65,5 m²
 Terreno: 106,35 m²
 Barrio Oeste (Maipú)



Vivienda: 115,4 m²
 Terreno: 126 m²
 Encinas de Quilín (Peñalolén)



Vivienda: 81,11 m²
 Terreno: 114 m²
 Condominio Palermo (Huechuraba)



Vivienda: 77 m²
 Terreno: 103 m²
 El Alba, Lo Campino (Quilicura)

figura 20: Viviendas tipo, conjuntos urbanos, Santiago
 fuente: [páginas web]



figura 21: Viviendas rurales en el valle central, Pablo Casals
fuente: domestika.org

Por otro lado, si observamos viviendas tradicionales del valle central (**fig. 21**), se puede distinguir a simple vista que se trata de una tipología rural: la construcción es precaria, en general realizada por los mismos usuarios y con los materiales locales disponibles; cuentan con espacios cubiertos exteriores y patios de trabajo; la vegetación es parte integral de la casa.

Vemos que al comparar la vivienda periurbana actual (desarrollo inmobiliario) con la típica vivienda rural chilena, la mayor distinción radica en su forma de relacionarse con el espacio exterior. Mientras la vivienda rural habilita un habitar que se vuelca hacia afuera, las tipologías inmobiliarias y su disposición en el territorio condicionan un habitar marginalizado del paisaje (y los vecinos) volcado hacia el interior.

2.2.2 El imaginario del lugar

La realidad observada anteriormente contrasta con el imaginario de los conjuntos habitacionales periurbanos proporcionado por la publicidad de la oferta inmobiliaria. En esta sección revisaremos nuevamente cuál es el usuario al que apuntan los condominios periurbanos, esta vez a través del estilo de vida que se promociona. La metodología utilizada corresponde a una recopilación de los avisos publicitarios publicados en las páginas web de distintos condominios ubicados en Buin. Se analiza el contenido y los patrones que se repiten a lo largo de los anuncio mediante una selección de imágenes promocionales que representan la oferta de vivienda en Buin.

Esta recopilación (figura 22) da cuenta de una serie de tendencias. Primero, se hace un fuerte énfasis en el entorno familiar y el espacio recreativo para los niños. Esto nuevamente nos habla de una búsqueda por familias jóvenes, con niños pequeños que aún van al colegio.

Segundo, los conjuntos se promueven como lugares tranquilos, característica que tiene que ver con la comuna en general más que con los mismos proyectos.

La cantidad reducida de habitantes y la presencia de pocas calles con altos niveles de tráfico, en comparación a Santiago, son un atractivo que la publicidad inmobiliaria no deja de lado.

Finalmente, en algunos casos se utilizan imágenes que exacerban el carácter rural de la comuna, mostrando fotografías de cultivos, arboledas y montañas. Muchos de los nombres de estos condominios también evocan esta condición natural. A pesar de que las inmobiliarias no hacen uso de ninguna estrategia para conservar o establecer una relación con estos paisajes, sino más bien presentan una amenaza para los mismos, hacen uso de su imaginario como punto de venta para sus proyectos.



Cumbres de Buin



Caicura

figura 22: Anuncios publicitarios conjuntos habitacionales periurbanos, Buin
fuente: [paginas web]

Aires de Buin

El entorno natural del proyecto Aires de Buin se encuentra en un lugar tan cercano a la ciudad, que no deja de sorprender; el ritmo calmado y pausado del sector transmite una renovación de energías para la convivencia familiar. Sus verdes paisajes y la vista a los faldeos cordilleranos, lo hace un atractivo único en el sector.

- SERVICIO
- CENTRO
- SUPERM
- PLAZAS
- SECTO

Aires de Buin

TERRANOBLE | 3D INICIO PROYECTO UBICACIÓN Y ENTORNO GALERÍA TODOS LOS PLANOS PLANTAS CONTACTO

Ahorra en Terranoble solicitando el subsidio automático

POSTULA AQUI

Comodidad + Tranquilidad

Terranoble

CONDominio PLAZA BUIN

APROVECHA

Plaza Buin

UBICACIÓN BUIN

*Corresponde a la Actualización

Plaza Buin

HARAS DE BUIN

COTIZAR

Haras de Buin

figura 22: Anuncios publicitarios conjuntos habitacionales periurbanos, Buin fuente: [paginas web]

La **figura 23** es una nube de palabras que representa gráficamente los conceptos más utilizados en las descripciones de los conjuntos habitacionales en Buin.

Vemos que la tranquilidad es el atributo más promocionado, que guarda relación con otros conceptos comúnmente utilizados como la menor cantidad de ruido, congestión y ajeteo respecto a la ciudad. Seguido a esto se observan alusiones a la ausencia de contaminación y la limpieza del aire. Frecuentes son también las referencias a la cercanía y conectividad con Santiago. Se repite bastante el concepto de familia, pero no con la misma prevalencia de la publicidad gráfica. Finalmente se reiteran menciones de la condición natural del territorio, apareciendo conceptos como árboles, amplitud y naturaleza.

En términos generales, se observa un enfoque en conceptos más abstractos como el estilo de vida y la familia, o bien, en características propias del territorio, en lugar de hacer énfasis en las características de los mismos condominios.



figura 23: conceptos prevalentes en el imaginario publicitario
fuente: elaboración propia

2.2.3 La percepción de los usuarios

Con el objetivo de conocer y comprobar las intuiciones de cuáles son los motivos que llevan a las personas a vivir a lugares periurbanos, se realizó una breve encuesta a los vecinos de cuatro conjuntos habitacionales de la comuna de Buin: Umbrales de Buin, Aires de Buin, Plaza Buin y Cumbres de Buin. El instrumento utilizado para esta evaluación cualitativa fue una entrevista de cinco preguntas de respuesta libre y una pregunta de valoración por jerarquía, que se detallan más adelante. Durante las semanas del 19 y 26 de agosto del año 2019 se realizaron 32 entrevistas a los usuarios de los condominios muestreados, cada una de ellas tuvo una duración aproximada de 5 a 8 minutos donde los entrevistados tuvieron la posibilidad de expresar sus opiniones más allá de la especificidad de las preguntas del instrumento.

En primer lugar, se les preguntó a los vecinos *¿Qué es lo que más le gusta de vivir aquí?* Con el fin de descubrir los atributos más valorados de la vida en un lugar periurbano. Los resultados se grafican en una nube de palabras (**fig. 24**), a modo de comparación con los conceptos prevalentes en la publicidad analizados en el capítulo anterior



figura 24: conceptos prevalentes en la percepción ciudadana
fuente: elaboración propia

Por lejos el atributo más reconocido es la tranquilidad. Los vecinos mencionan que hay menos gente, menos ruido y menos ajeteo en general en comparación con comunas más céntricas. Así lo describe Leandro (41), quien vive en el condominio Cumbres de Buin:

“Acá es súper tranquilo, no se sienten las micros y los autos pasando, no hay ruidos que no te dejan dormir en la noche. Yo veo que la gente anda más relajada, no hay comparación con la ciudad.”

También hay varias menciones al paisaje como concepto general, y a la seguridad característica de vivir en un condominio. Algunos destacan la limpieza del aire y en menor medida aparecen las áreas verdes, en general como referencia a los espacios de juego para los niños (cuando se entrevistó a niños ellos siempre destacaban las plazas y juegos). Una palabra que se repite es “casa”, ya que varios enfatizan lo valioso que es tener una casa propia. Por lo tanto, en general, los atributos más valorados guardan relación con la comuna o el núcleo de la misma vivienda más que con el condominio.

En segundo lugar, se les consultó a las personas si es que *se cumplieron las expectativas que tenían*, para evaluar la satisfacción de los usuarios respecto a lo que esperaban. **Un 91% se declaró como satisfecho** viviendo en sus respectivos condominios. Esto se debe a que principalmente, y como vimos en la pregunta anterior, buscaban un lugar más tranquilo para vivir. Otra razón común es que buscaban una casa a un precio accesible, como Eduardo (33) de Umbrales de Buin:

“Por este precio en donde vivíamos antes [El Bosque] es imposible encontrar una casa como la que tenemos acá. Preferimos vivir un poco más lejos en una casa que más al centro en un departamento.”

Los pocos que no se consideraban satisfechos comentaban que las casas “les habían quedado chicas”, pero que si cambiaran de vivienda de todas maneras sería dentro de la

misma comuna.

En tercer lugar, se les preguntó a los usuarios *en qué comuna vivían antes*, para conocer si los cambios ocurren desde comunas urbanas o suburbanas del gran Santiago (**fig. 25**).

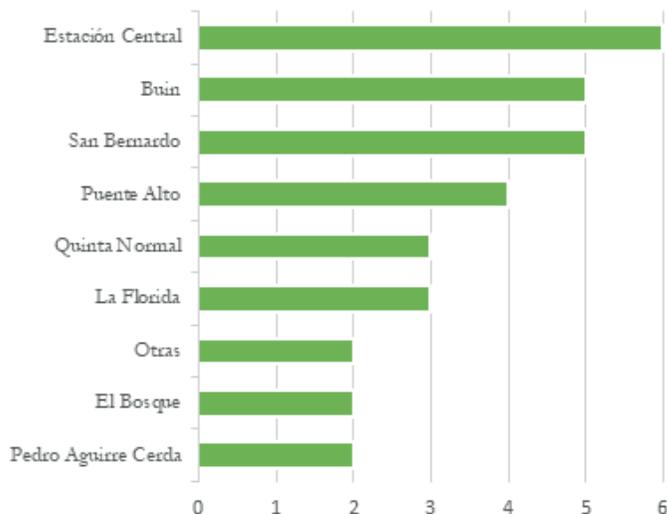


figura 25: Resultados ¿En qué comuna vivía antes?
fuente: elaboración propia

Al analizar los resultados se observan tres tendencias: primero, gente que viene de comunas urbanas, en particular se repite mucho Estación Central; segundo, personas que han vivido en Buin hace muchos años; y por último, gente que ya vivía en comunas suburbanas, siendo las más prevalentes San Bernardo, Puente Alto y La Florida. Por lo tanto, un 44% de quienes se cambiaron de comuna ya vivían en un sector periférico.

En general, las comunas de procedencia que más se repiten corresponden a comunas grandes o con una alta densidad de población, caracterizadas por un alto nivel de movimiento a todas horas. Ivone, vecina de Aires de Buin, se cambió de Estación Central por esta misma razón:

“Donde yo vivía antes había demasiada gente, bocinazos de las micros todo el día, gente gritando en la noche, no se podía descansar. Además estaba sucio, con mucho smog. Acá es más tranquilo, se respira mejor”

En cuarto lugar, se les preguntó a los vecinos *en qué comuna trabajan* (fig. 26) y *qué medio de transporte usan* (fig. 27) para llegar allí, con el objetivo de saber las distancias de los desplazamientos, cuáles son las vías de conexión más utilizadas, y qué tan prevalente es el uso del automóvil.

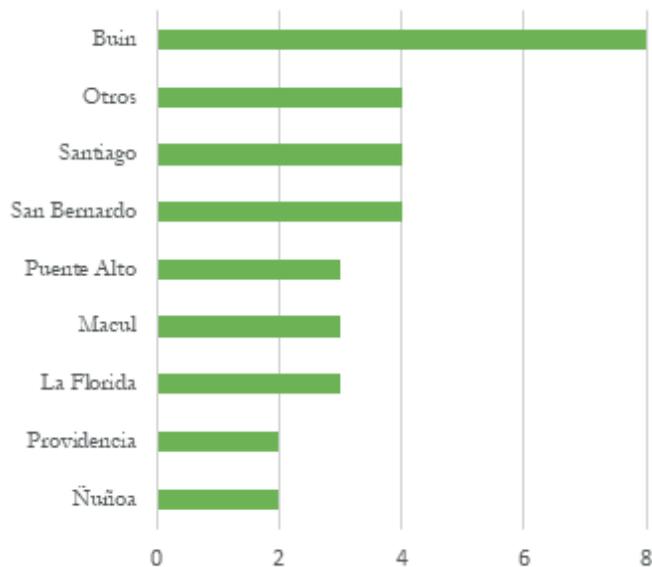


figura 26: Resultados ¿En qué comuna trabaja?
fuente: elaboración propia

Podemos darnos cuenta de que la mayor parte de los habitantes en estos conjuntos trabajan en la misma comuna, atendiendo negocios, almacenes o talleres. Algunos se dedican a la construcción, en ocasiones de nuevos condominios, como Manuel (48) de Umbrales de Buín:

“Yo trabajo acá mismo, en la obra de allá al fondo. Es la cuarta etapa del condominio.”

Después, se observa que un 30% de las personas trabaja en comunas suburbanas o periurbanas, mientras un 33% lo hace en comunas urbanas. Cabe destacar que en general todos los lugares de trabajo se ubican en el lado oriente de Santiago, por lo tanto, los desplazamientos son mayoritariamente de sur a norte y viceversa.

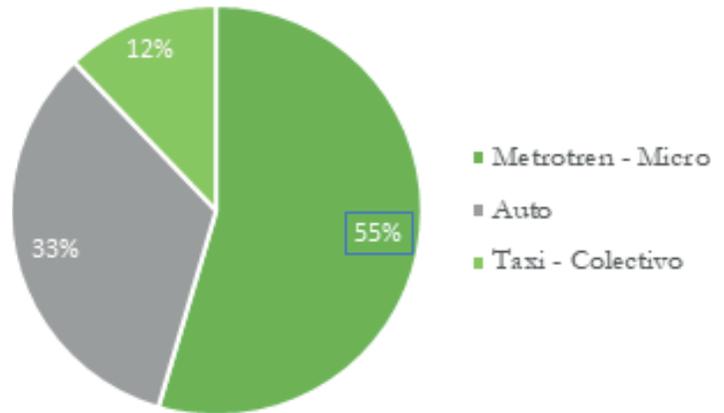


figura 27: Resultados ¿Qué medio de transporte usa para ir al trabajo?
fuente: elaboración propia

Respecto a los medios de transporte, podemos observar que los más utilizados son el transporte público (en forma del Metrotren y la red Buín de micros rurales) y el automóvil. En menor medida se usan taxis y colectivos. Esto demuestra que es posible desplazarse desde Buín hacia otras comunas sin necesidad de tener un auto (Figura 16).

Por último, se les solicitó a los vecinos elegir en orden de importancia cuáles son los tres atributos más importantes para un conjunto habitacional. El principal enfoque de esta pregunta es saber si existe una valoración por la sustentabilidad, no como estrategias específicas sino como concepto.

En la **figura 28** se grafican los atributos según el nivel de importancia percibido:

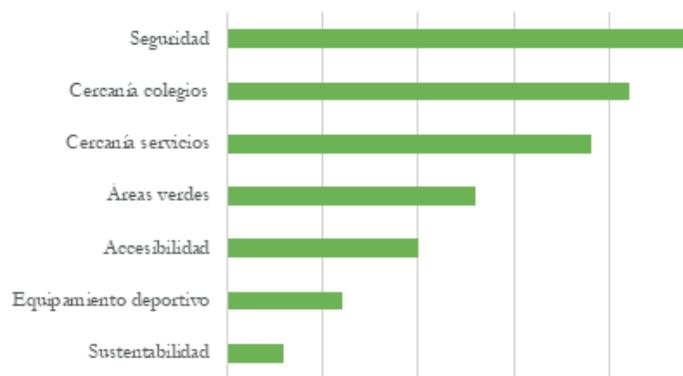


figura 28: Resultados ¿Cuáles son los atributos más importantes en un conjunto habitacional?
fuente: elaboración propia

Podemos ver que se le atribuye el mayor grado de importancia a la seguridad. En segundo lugar, encontramos la cercanía a colegios y a servicios en grados bastante similares. Le siguen la presencia de áreas verdes y la accesibilidad. La sustentabilidad aparece tan solo en un par de casos, siendo el atributo que se considera de menor importancia. Eleanira (50), vecina de Plaza Buin, dijo al respecto:

“Yo creo que es muy importante hacer algo por esto del calentamiento global, pero creo que primero se tienen que cumplir estas cosas [seguridad, cercanía a colegios y servicios], es lo más básico.”

Rodrigo (34) del mismo conjunto mencionó:

“Primero hay que ver que la casa no se llueva y de ahí uno puede pensar en ponerle paneles solares.”

Hubo una serie de testimonios similares, que dan cuenta de una preocupación por la sustentabilidad como concepto abstracto, sin embargo, se priorizan otros aspectos a la hora de nombrar lo esencial para un conjunto habitacional. Por lo tanto, el sentimiento de responsabilidad medioambiental está presente en las personas, sin embargo, en una segunda categoría.

Dada esta condición, sería conveniente integrar sistemas de eficiencia energética y demás estrategias de bajo impacto ecológico en forma sencilla y de manera que puedan utilizarse cotidianamente, asociando la responsabilidad medioambiental al habitar diario.

2.3 Los atributos de la ruralidad

Anteriormente vimos como el paisaje periurbano de Santiago experimenta una constante transformación, en que terrenos agrícolas y silvestres pierden sus cualidades naturales para ser reemplazados por condominios de características urbanas. También analizamos cuál es el valor de este espacio según la percepción de sus propios usuarios. A continuación, se pretende explicar cuál es el valor de esta ruralidad en términos medioambientales, y por qué es conveniente integrarla al desarrollo urbano.

2.3.1 Definición de impacto ecológico

El Impacto Ecológico, también conocido como impacto ambiental o degradación ambiental, se refiere al deterioro del medioambiente a través del agotamiento de recursos naturales tales como el aire, el agua y los suelos; la destrucción de ecosistemas y hábitats; la extinción de la vida silvestre; y la contaminación. Se define como cualquier cambio o perturbación al medioambiente que se pueda considerar como perjudicial o indeseado (Johnson et. al, 1997). En general se asocia a los efectos de la intervención humana. Dentro de los estándares de construcción sustentable del MINVU (2018) se dedica un tomo completo al Impacto Ambiental, evidencia de la consideración de este aspecto en las políticas chilenas recientes.

Una intervención de bajo impacto ecológico será aquella que perturbe en la menor medida posible el medioambiente en que se emplaza, considerando los procesos de construcción y operación. Se deberán minimizar las emisiones a la atmósfera y se deberán preservar los servicios ecosistémicos y ciclos naturales del territorio, estos últimos se discuten en detalle en la siguiente sección.

2.3.2 Composición de suelos de Buin y sus beneficios ecosistémicos

Los **Servicios Ecosistémicos** (fig. 29) son los beneficios que las personas obtienen del funcionamiento natural de los ecosistemas. Estos incluyen servicios de aprovisionamiento como agua y comida; servicios de regulación tales como el control de inundaciones y enfermedades; servicios culturales como beneficios espirituales y recreativos; y servicios de sostenimiento como el ciclo de los nutrientes, que mantienen las condiciones para la vida en la tierra (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005).



figura 29: Servicios ecosistémicos
fuente: World Wildlife Fund

Los **Ciclos naturales** son los ciclos biogeoquímicos de los elementos que componen la vida en la tierra. Entre los elementos críticos para la vida biológica se encuentran el carbono (fig. 30), el nitrógeno y el oxígeno. Estos componentes pasan a través de ciclos mayores, como el ciclo del agua (fig. 31) o el de la tierra. Mediante estos procesos los elementos se vuelven disponibles para el uso de los organismos vivos. Los ciclos biogeoquímicos pueden ser alterados por la actividad humana, acelerándolos al extraer elementos de sus reservas y depositándolos de vuelta en el medioambiente. (Environmental Literacy Council, 2015).

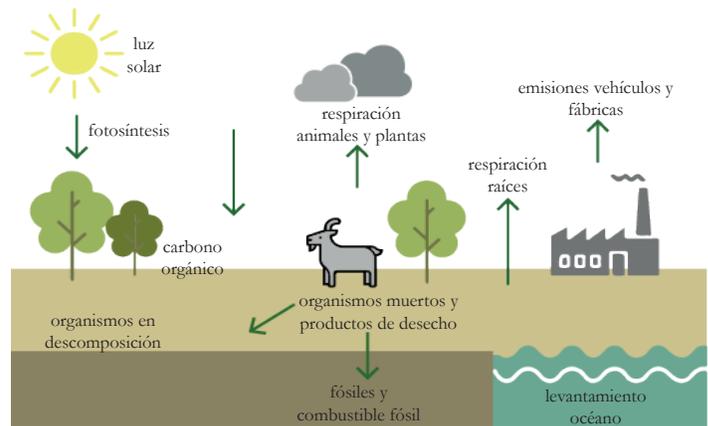


figura 30: Ciclo del carbono
fuente: elaboración propia

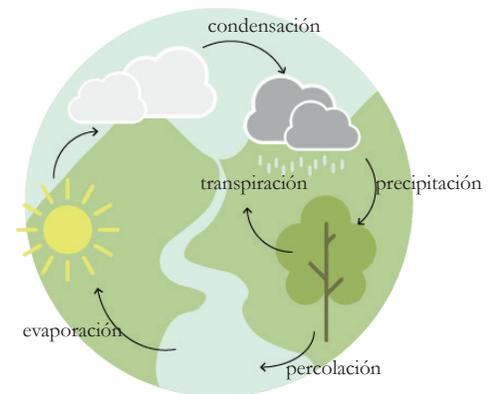


figura 31: ciclo del agua
fuente: elaboración propia

En este contexto, la composición de los suelos de Buin nos entrega luces respecto a los servicios ecosistémicos de la comuna.



figura 32: Usos de suelo Buin, agrícola y natural vs. construido
fuente: elaboración propia en base a capas Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE) y Google Earth

En la **figura 32** podemos observar en blanco la infraestructura vial y la delimitación de predios, que dan como fruto una mancha apreciable del área construida de la comuna. Esta se observa en contraste con los terrenos agrícolas y las zonas naturales (principalmente cerros), cuya extensión es significativamente mayor. Según datos del Sistema de Información Territorial de CONAF (2014), la comuna cuenta con 3.274 hectáreas de áreas urbanas e industriales, 14.933 de terrenos agrícolas y un área combinada de 2.813 hectáreas de praderas, matorrales y bosques (**fig. 33**).

Vemos que, con un 71% de incidencia, el suelo agrícola es el principal componente de la comuna. Los terrenos agrícolas se caracterizan por sus suelos fértiles, con gran cantidad de nutrientes y un alto nivel de humedad.

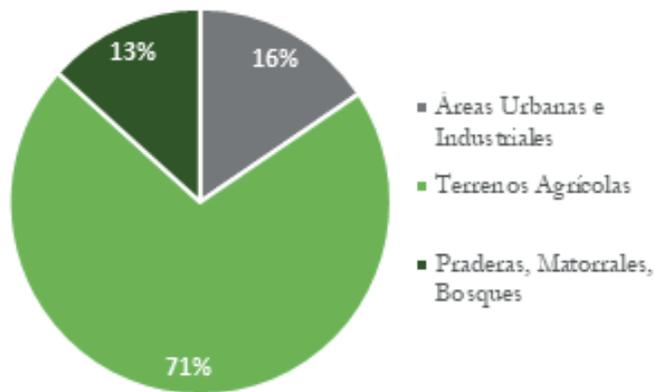


figura 33: Usos de suelo Buin
fuente: elaboración propia en base a SIT CONAF

Según el análisis de Clases de Capacidad de Usos del suelo (CIREN-CORFO) la mayor parte de los suelos de Buin son de categoría I, II y III: planos o con pendientes moderadas y con muy buena capacidad de drenaje, ideales para el uso agrícola (**fig. 34**).

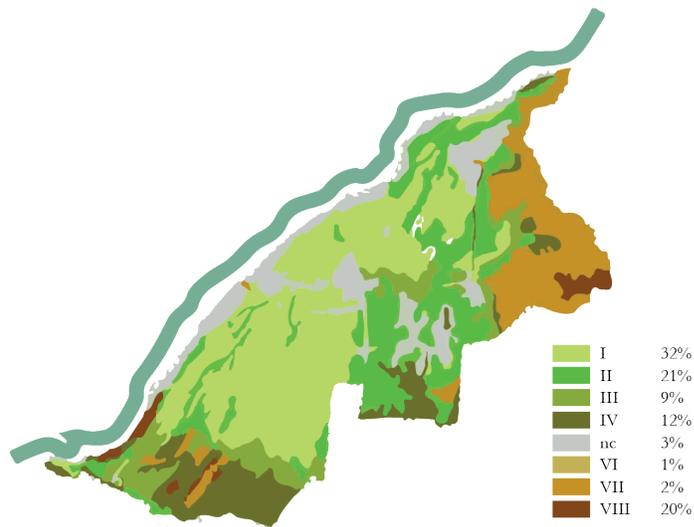


figura 34: Clases de capacidad de usos del suelo Buin
fuente: elaboración propia en base a CIREN-CORFO

Estos suelos son esenciales para servicios de aprovisionamiento como la producción de alimento, servicios de regulación como la del agua y del clima, y servicios de sostenimiento como el ciclado de nutrientes, esencial para el continuo funcionamiento del ecosistema. Gracias a estas funciones, los suelos proporcionan resiliencia a inundaciones y sequías, evitan la desertificación y suministran agua potable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2012).

Existe además otra función del suelo, no tan discutida pero sí muy importante, que es su capacidad de secuestrar carbono, proceso donde el CO₂ atmosférico es transferido a la materia orgánica del terreno a través de plantas, residuos vegetales y otros sólidos orgánicos (Olson et al., 2014). El suelo es la mayor reserva de carbono orgánico terrestre (Jobbágy & Jackson, 2000), fundamental para prevenir o aplazar la acumulación de carbono en la atmósfera y hacer frente al cambio climático.

Otro elemento característico de la comuna, y del valle central chileno en general, es la presencia de cerros isla y la cercanía de cordones montañosos (fig. 35). La ausencia de edificios en altura en Buin permite la visibilidad de esta topografía desde carreteras y campos, convirtiéndola en un elemento de presencia constante en el paisaje (fig. 36).

Estos cerros son de los pocos ecosistemas naturales aún presentes en la región. El material vegetal y los cuerpos de agua presentes en ellos contribuyen a servicios de sostenimiento como la transformación de carbono en oxígeno y a servicios de regulación del clima y del agua. El avance de la ciudad tiende a evitar estos espacios por razones logísticas, por lo que tienden a estar “a salvo”. No obstante, los condominios inmobiliarios suelen impedir la relación visual entre estos paisajes y los habitantes de la comuna. En este punto entra en juego otro tipo de servicio ecosistémico: los servicios culturales.



figura 35: topografía de Buin
fuente: elaboración propia en base a capas Infraestructura de Datos Geoespaciales (IDE)



figura 36: cerro Santa Rita, Buin
fuente: mapio.net

Estos hacen referencia a los beneficios intangibles que proporcionan los ecosistemas, que en este caso son fundamentales en la proporción de un sentido de identidad y pertenencia al territorio. El filósofo francés Gaston Bachelard describe algo similar bajo el término topofilia, que se refiere a la

“determinación del valor humano de los espacios de posesión, de los espacios defendidos contra fuerzas adversas, de los espacios amados (donde...) a su valor de protección, que puede ser positivo, se adhieren también valores imaginados, y dichos valores son, muy pronto, valores dominantes. El espacio captado por la imaginación no puede seguir siendo el espacio indiferente entregado a la medida y a la reflexión del geómetra.” (Bachelard, 1975. pp. 28)

Para el filósofo, la relación entre los humanos y el espacio está estrechamente ligada a la percepción, donde las personas pueden atribuirle valor al territorio mediante una carga imaginativa.

A propósito de la anterior conceptualización, el geógrafo Yi Fu Tuan (1974), propone su propia definición del concepto, similar a un sentimiento de “apego” que liga a los seres humanos a aquellos lugares con los cuales se sienten identificados. Este sentimiento exalta la “dimensión simbólica” del habitar humano y un poderoso “instinto” de pertenencia al mundo o, lo que sería lo mismo, de apropiación de él (Yory, 2003). Este sentimiento cobra importancia en un contexto de responsabilidad medioambiental, ya que el apego por el territorio puede convertirse en una herramienta para el fortalecimiento de una noción de lo común. Comunidades con un fuerte sentido de lo común son más propensas a un cuidado de los espacios comunes, tanto a escala de espacio público como de medioambiente (CEPAL, 2007) Por lo tanto, es importante mantener la relación sensorial, o el sentido de topofilia, entre la vivienda y la topografía, así como con los paisajes campestres que aún se conservan, ya que cumplen la misma función de arraigo cultural.

2.3.3 Estrategias de minimización del impacto ecológico

A continuación, se plantean una serie de estrategias para para potenciar el secuestro de CO₂, mantener el correcto funcionamiento del ciclo del agua y nutrientes, y potenciar el sentido de pertenencia en el caso de un programa residencial inserto en un contexto periurbano semi-rural.

Construir dentro de la matriz del tejido agrícola: La ordenación espacial de plantaciones y cultivos agrícolas es la expresión física de una serie de sistemas y procesos interconectados, que permiten el uso productivo de la tierra. Esta estructura dinámica comprende y debe permitir el funcionamiento de todas las etapas de producción: siembra, polinización, poda, fertilización, riego, control de plagas y enfermedades, y cosecha. Un proyecto residencial de bajo impacto ecológico deberá insertarse dentro de esta matriz sin perjudicar las redes que facilitan sus funciones. Para esto es esencial hacer uso de los caminos ya trazados como vías de movilización y mantener ininterrumpido el flujo de canales de regadío (fig. 37). Así, los terrenos agrícolas que se conserven en armonía con el programa residencial podrán seguir siendo productivos.

Un posible ejemplo de esta estrategia es el masterplan para la Ecociudad Wanzhuang, desarrollado por Kragh & Berglund (fig. 38). Aquí se plantea una ciudad inserta en terrenos agrícolas periféricos consolidados a 60 km de Beijing, China. Edificios se mezclan con cultivos, parques recreativos y áreas silvestres, respetando cauces naturales y dando espacio a los paños fértiles. De esta manera se produce una hibridación entre paisaje productivo y urbano, proponiendo una ciudad sostenible y ecológicamente responsable en las cercanías de la capital.

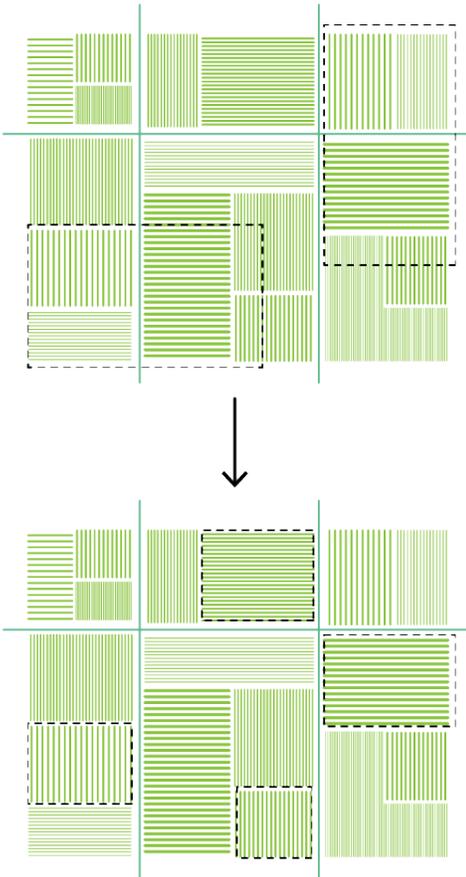


figura 37: construcción en tejido agrícola
fuente: elaboración propia



figura 38: Wanzhuang Eco-city
fuente: Kragh & Berglund

Conservar la tierra: como revisamos anteriormente, la tierra cumple un rol fundamental en el funcionamiento saludable del ecosistema, además de ser una enorme reserva de carbono. Teniendo esto en cuenta, un proyecto de arquitectura debe ser respetuoso con el suelo, y conservarlo en buen estado en la mayor medida posible. Con este objetivo, se plantea que las construcciones deben tener apoyos mínimos, para evitar grandes movimientos de tierra y no liberar el carbono secuestrado (fig. 39). Asimismo, se propone mantener porciones de tierra en su estado fértil-productivo actual, que puedan conservar su dinámica y utilizarse como huertos. Para los suelos que deban pavimentarse, se pueden usar pavimentos porosos que permiten la absorción de agua y su drenaje (fig. 40). Estos se componen por una mezcla de agregados gruesos uniformemente gradados con muy bajo contenido de arena y un cementante, que puede ser una mezcla bituminosa o cemento portland, logrando un porcentaje de vacíos entre 15% y 20% (Reyes & Torres, 2002).

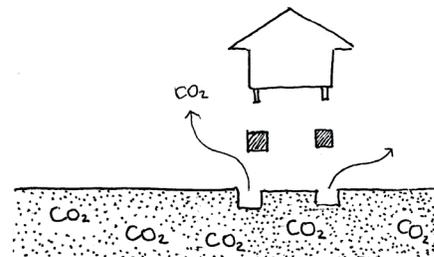
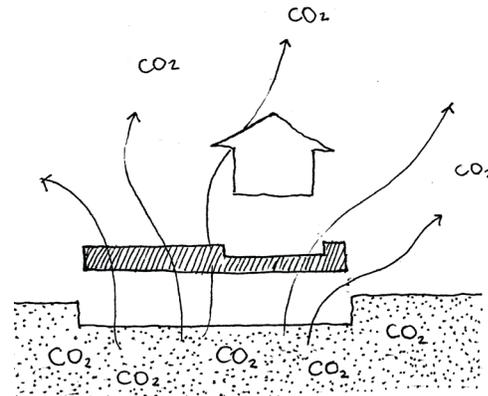


figura 39: apoyos mínimos para conservación carbono secuestrado
fuente: elaboración propia



figura 40: pavimento poroso
fuente:

Material Vegetal: Las plantas y los árboles cumplen la misma función de secuestro de carbono descrita anteriormente para el suelo. Además, realizan servicios de purificación del aire al captar contaminantes y ayudan a la regulación del clima mediante la evapotranspiración y la absorción de radiación (Jackson et. al., 2008). Estas últimas características son fundamentales para evitar reproducir el efecto isla de calor que afecta los ecosistemas urbanos.

Ya que los suelos de Buin son primariamente agrícolas, la vegetación arbórea es escasa, por lo que el proyecto habitacional aparece como una oportunidad para aumentar su cantidad. Se deben pensar espacios comunes sombreados por árboles y con alta presencia de arbustos y flores, así como la adición de plantas a las mismas viviendas, pudiendo cumplir un rol regulatorio climático a microescala (fig. 41). Para ambos cometidos se sugiere privilegiar especies nativas (fig. 42), cuyos requerimientos de agua y sol sean congruentes con las características climáticas de su emplazamiento. La vegetación natural de Buin corresponde al tipo mediterránea de Chile Central, mayoritariamente matorral esclerófilo arborecente y matorral hidrófilo (CONAF-CONAMA, 1997).



figura 41: fachada vegetal
fuente:

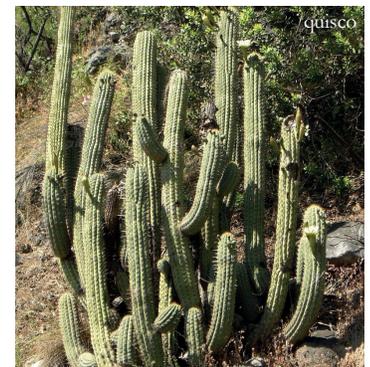
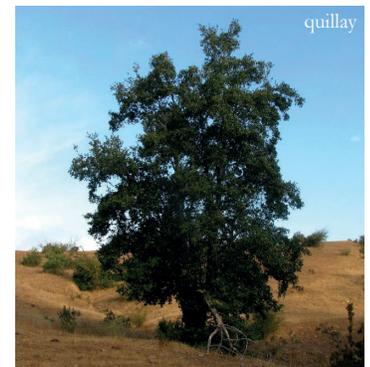
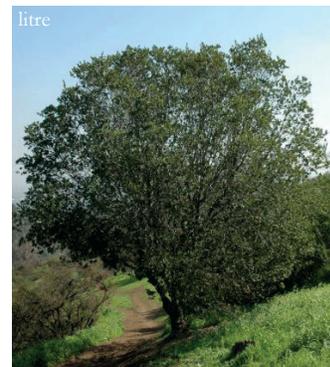


figura 42: vegetación nativa del bosque esclerófilo
fuente: fundación Philippi

Abrirse al paisaje: Siendo conscientes de la importancia de la relación sensorial y afectiva entre paisaje-humano, es importante que un conjunto residencial periurbano sea un soporte en lugar de un obstáculo.

Por lo tanto, se debe diseñar de manera que los usuarios puedan tener vistas hacia los cerros circundantes, desde sus propias casas y especialmente desde los espacios exteriores. De la misma forma, los vecinos deben poder establecer una conexión con el paisaje productivo que los rodea, esto se debe facilitar tanto a nivel visual como con senderos que los acerquen físicamente.

Territorio recreativo: En la vena del punto anterior, se deben diseñar espacios exteriores que conecten a los niños con la naturaleza, dándoles un sentido de arraigo.

Un gran cuerpo de investigación interdisciplinaria ha evaluado el desarrollo de múltiples intervenciones pedagógicas que abordan el conocimiento, los valores y las acciones de los niños en torno a la sustentabilidad (Horton et. al., 2015). Análisis a largo plazo han identificado experiencias infantiles que son evidentemente críticas para comportamientos sustentables posteriores, como por ejemplo: influencias positivas de los miembros de la familia, experiencias de organizaciones como Scout; o presenciando la destrucción de recursos ambientales. Se trata de ocurrencias personales que causan una reacción emocional y por tanto memorias duraderas que persisten hasta la adultez. Asimismo, se ha demostrado que el juego libre en casa es particularmente importante para promover el comportamiento medioambientalmente responsable entre niños (Horton et. al., 2015).

Por lo tanto, una experiencia de juego en conexión con espacios exteriores naturales y productivos puede ser profundamente formativa para los niños. Este es el caso del proyecto *Edible Schoolyards* (fig. 43) en Nueva York, que propone la implementación de huertos en jardines infantiles como herramienta de enseñanza sobre alimentación saludable y ecología



figura 43: Patio Escolar Comestible, Nueva York. Work Architecture Company
fuente: Chez Panisse Foundation

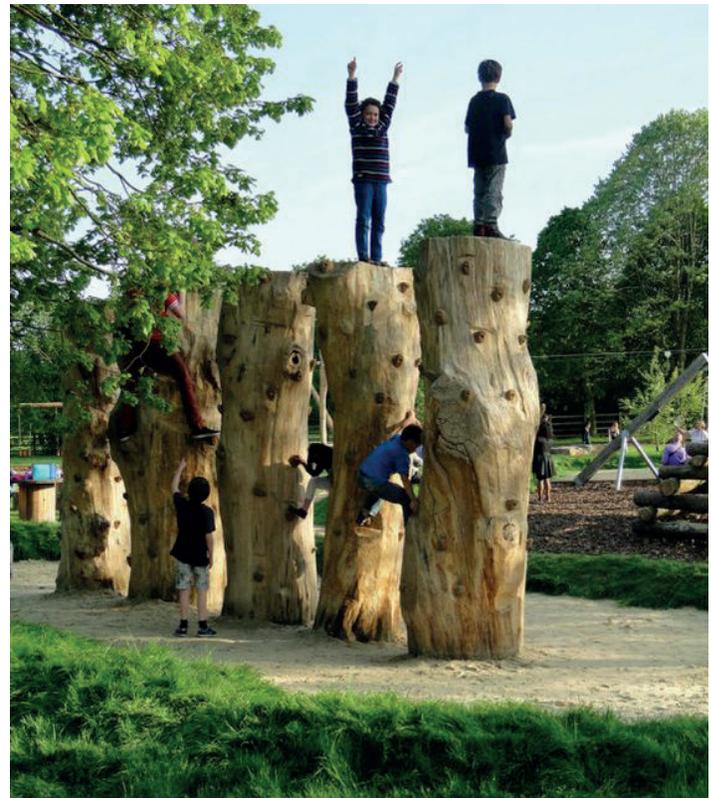


figura 44: Espacio de juego natural Dinton Pastures
fuente: Davies White Landscape Architects

agrícola.

Materiales responsables: Se deben considerar materiales de bajo impacto para la construcción de viviendas. Para hacer una elección informada, el mejor criterio es el análisis de ciclo de vida, donde no solo se considera el impacto del material mismo, sino el de todos los procesos asociados a su producción y vida útil.

Sistemas eficientes: Finalmente, es fundamental que las viviendas cuenten con sistemas de eficiencia energética y de recursos, tanto para evitar la producción de carbono y gastos innecesarios, como para integrar medidas activas de sustentabilidad en la vida cotidiana de los usuarios y generar un sentido de responsabilidad medioambiental.

Un proyecto que combina varios de los puntos anteriores es *Rethinking Happiness*, presentado por Aldo Cibic en la Bienal de Venecia de 2010 (fig. 45). Por medio de maquetas que representan una serie de utopías, se replantea el habitar humano y su relación con la naturaleza: *Rural Urbanism* propone un parque agrícola de 4 km², donde se conservan las tierras agrícolas circundantes y se ofrecen espacios verdes a las personas que pueden vivir y trabajar allí; *Campus Between Fields* plantea un centro de investigación autosuficiente en términos energéticos y económicos, dedicado al estudio de la botánica y el paisaje. Los edificios son compactos y se concentran en puntos específicos, dando cabida a grandes extensiones de terreno al aire libre y por consecuencia impulsando la vida exterior. Estos lugares se encontrarían a las afueras de Milán y Venecia respectivamente, tratándose entonces de espacios semi-rurales asociados a una urbe consolidada.

Las herramientas discutidas en esta sección son útiles para conservar los atributos funcionales de la ruralidad, y de esa forma evitar la replicación de los problemas de la ciudad que revisamos al inicio de esta tesis, como la contaminación atmosférica y el efecto isla de calor. A la vez, promueven una nueva relación -más estrecha- entre vivienda, paisaje y eco-

logía. Estas estrategias, en combinación con el carácter tranquilo intrínseco del territorio periurbano, permitirán consolidar un habitar intermedio entre urbano y rural ajustado a las necesidades de sus usuarios.



figura 47: Rethinking Happiness, Aldo Cibic (2010).
fuente: flickr

III.

Modelo de Vivienda Periurbana

En los capítulos anteriores hemos caracterizado el tipo de usuario que decide adquirir una casa en Buin y sus necesidades básicas de tamaño y precio. Sabemos también cuáles son los atributos particulares de una comuna intermedia urbano-rural, tanto desde la percepción de sus habitantes como sus beneficios reales a nivel de medioambiente. Tomando en cuenta estos conocimientos, en esta sección se desarrollará un modelo de vivienda periurbana, considerando como eje central la cualidad intermedia del lugar.

En conjunto a lo anterior, se plantea cumplir estándares mínimos de habitabilidad y sustentabilidad:

Los Estándares de habitabilidad se refieren a los factores considerados relevantes para evaluar el bienestar habitacional de las viviendas. Son de tipo físico espacial (condiciones de diseño relativas a la estructura física del hábitat residencial: variables de dimensionamiento, distribución y uso); psico-social (comportamiento individual y colectivo de los habitantes: condiciones de privacidad, identidad y seguridad ciudadana); térmico (condición térmica que presenta la vivienda: temperatura, humedad relativa y riesgo de condensación); acústico (condición acústica que presenta la vivienda: aislamiento acústico a la transmisión del ruido aéreo y de impacto); y lumínico (condición lumínica que presenta la vivienda: iluminación natural) (INVI, 2004)

Estándares de sustentabilidad: El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) determinó en el año 2018 una serie de estándares de construcción con seis criterios de sustentabilidad, que corresponden a salud y bienestar, energía, agua, materiales y residuos, entorno inmediato e impacto ambiental. Si bien la presente tesis toma en cuenta todos estos criterios como calificantes para un proyecto sostenible, se centra en el último.

Este criterio a su vez se divide en seis subcategorías: minimización de emisiones a la atmósfera, reducción de impactos en el ecosistema, sustentabilidad social, procesos de diseño integrado, y gestión de impactos ambientales en la etapa de construcción y en la etapa de operación.

3.1 Disposición en el territorio

A escala de conjunto, y según lo discutido en el capítulo anterior, se propone insertar el modelo dentro del tejido agrícola existente en la comuna. La ubicación específica se determina según tres criterios adicionales: (a) que los terrenos estén dentro del polígono de área urbanizable, (b) que se localicen hacia el norte del centro de Buin, y (c) que se encuentren a menos de dos kilómetros de alguna estación de Metrotren (**fig. 46**).

Estos criterios pretenden evitar una mayor expansión en dirección sur, consolidando los tramos rurales que quedan contenidos entre dos situaciones urbanas (centro urbano de Buin y San Bernardo - La Pintana - Puente Alto). La accesibilidad al transporte público busca presentar una alternativa al uso del automóvil, en especial para los viajes hacia el centro de Santiago, evitando generar congestión, ruido y demanda de espacio de estacionamientos. Así, el proyecto debe entenderse como la consolidación de un territorio intermedio-periurbano- en oposición a una expansión de la ciudad. Los usuarios de este espacio tendrán la posibilidad de movilizarse hacia Santiago, pero también podrán moverse fácilmente dentro de Buin.

Además, la ubicación del conjunto plantea la idea de una “conservación intervenida” o “conservación activa”: ya que la legislación no es capaz de proteger estos espacios, intentar mantenerlos como tal no es suficiente. Se propone que un conjunto de bajo impacto ecológico es una mejor medida de protección que dejar los terrenos agrícolas a merced del



- red metrotren ● estaciones metrotren
- canales riego ■ área de proyecto

figura 46: Áreas urbanizables, red de Metro tren, red vial, canales
fuente: elaboración propia

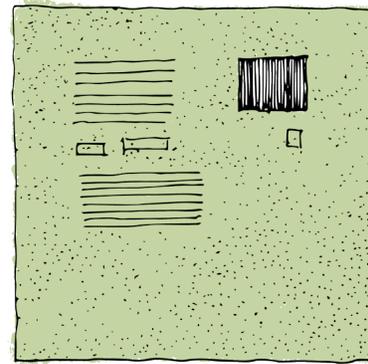
mercado, confiando en que no se urbanizarán.

Tomando en cuenta los criterios de ubicación antes mencionados, se escoge como área de proyecto un terreno de 4,8 hectáreas hacia el norte del centro de Buin y a 1.6 km de la estación Buin Zoo de la red de Metrotren. Se trata de un terreno agrícola de frutales, aún rodeado por cultivos pero cercano al centro de la comuna (**fig. 48**). Dentro de esta dualidad se pretende entregar el entorno rural similar al del imaginario publicitario que los usuarios buscan sin sacrificar la conectividad y el acceso a servicios. Las grandes extensiones de los conjuntos de inmobiliaria existentes (generalmente entre 20-40 has) generan una fragmentación y discontinuidad en la vialidad, y hace que viajes a lugares cercanos requieran largos trayectos. Por esta razón, el tamaño del conjunto es menor a 5 hectáreas, y cuenta con ciclovías y veredas para facilitar su recorrido.

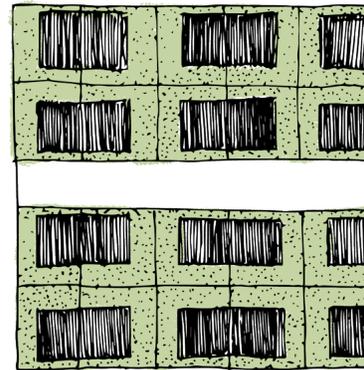
Respecto a la disposición de las viviendas dentro del conjunto, el modelo propone alcanzar la tasa de densificación de los proyectos actuales que revisamos anteriormente (22 viviendas/ha), manteniendo una proporción de áreas verdes que se aproxime más al de la vivienda rural (**fig. 47**). Para lograr este cometido, se debe minimizar el espacio construido en planta y crecer hacia arriba.

Gracias a las encuestas a vecinos de Buin, sabemos que varios llegaron allá debido a que prefieren vivir en una casa en vez de en un departamento, por lo que se descarta proponer viviendas en altura. Estas necesidades se resuelven a través de una ordenación según terrenos angostos, donde la vivienda usa un 1/3 del lote y se desarrolla en 3 pisos. Para aprovechar al máximo el suelo, sin perder la sensación de casa, se proponen viviendas semi-pareadas, de modo que siempre hay una porción que no comparte muros.

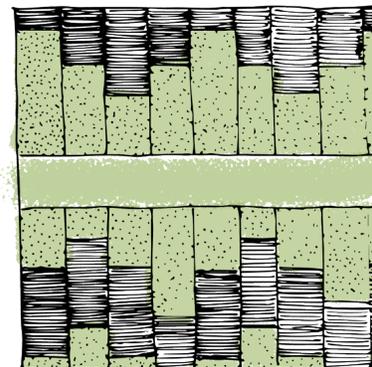
Así, para alcanzar la misma densidad de viviendas que la oferta habitacional existente, el conjunto de 4,8 ha de extensión contará con 107 viviendas unifamiliares.



vivienda rural 2 viviendas/ha
95% a. verdes



vivienda inmobiliaria 22 viviendas/ha
4% a. verdes



vivienda periurbana 22 viviendas/ha
45% a. verdes

figura 47: Densidad y uso de suelo, vivienda inmobiliaria - rural - periurbana
fuente: elaboración propia



figura 48: Ubicación conjunto habitacional periurbano en el territorio
fuente: elaboración propia

3.2 El patio como articulador

Como revisamos en la sección sobre la percepción de los usuarios, la posibilidad de vivir en una casa (en contraste a un departamento) es una de las razones por las cuales muchos decidieron vivir en Buin. Si abstraemos estas dos tipologías de vivienda, se pueden considerar dos distinciones fundamentales: (a) la casa no tiene otra vivienda arriba ni abajo y (b) la casa tiene llegada al suelo. En el contexto de una investigación relacionada al territorio, este último cobra gran importancia. La vivienda periurbana debe tener llegada al suelo o, en otras palabras, un patio.

El patio se puede definir como un espacio intrínsecamente intermedio, ya que es parte de la casa pero se encuentra fuera de la misma, un exterior asociado a un interior. A la vez, es el mediador entre el espacio privado de la vivienda y el espacio público de la calle.

Entendiendo el patio como el espacio intermedio característico de la vivienda, el modelo de vivienda periurbana propone utilizarlo como el dispositivo ordenador del conjunto, permitiendo una imbricación de los ámbitos público – privado e interior – exterior.

3.2.1 Entre público y privado

La configuración en terrenos estrechos da paso a una serie de patios alargados. Si bien cada vivienda tiene su patio privado, unos al lado de otros dan la sensación de un **gran patio semi-privado** de mayor extensión (fig. 49). Esta serie de patios, entonces, conforman un espacio semi privado, que se vuelve posible al usar divisiones de baja altura que permitan una permeabilidad visual. Cada uno de estos patios contará con una porción disponible para usar como **huerto** en su extremo norte, franja transversal de suelo fértil. De esta manera, si una familia no quiere hacer uso de este espacio puede

cederlo fácilmente a sus vecinos. El conjunto cuenta con un espacio de feria libre donde los productos de los huertos pueden comercializarse, entregando una fuente de ingreso económico adicional (o bien, principal).

El espacio semi privado conformado por los patios es complementado por los espacios recreativos comunes del conjunto, totalmente públicos. Se trata de franjas que cruzan transversalmente el trazado del loteo, como gesto que enfatiza el carácter comunitario del espacio: una **gran plaza lineal** abierta y de fácil acceso a todos los vecinos

Las plazas lineales cuentan con ciclovías, barras de calistenia, comedores cubiertos, espacios de descanso y áreas recreativas para los niños. Estas últimas son de gran importancia, ya que como revisamos en capítulos anteriores, gran parte de los

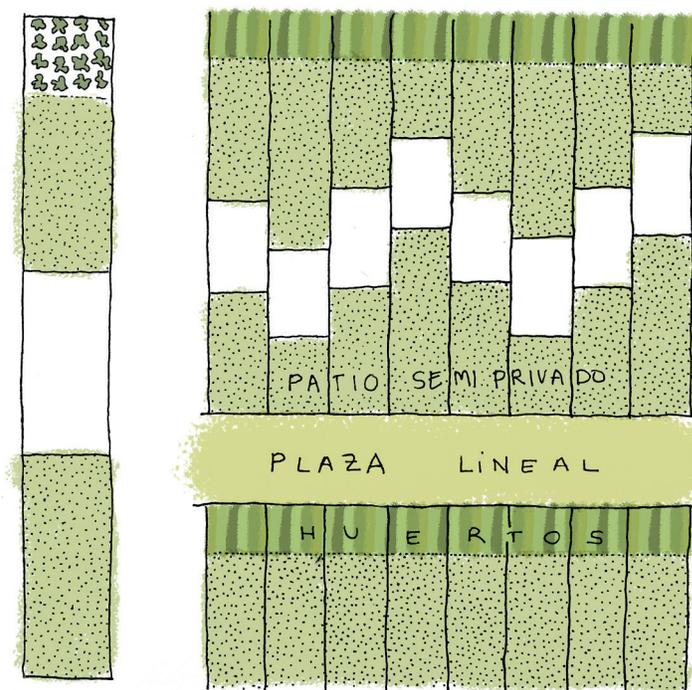


figura 49: Espacios públicos y privados de la vivienda periurbana
fuente: elaboración propia



figura 50: Planta general vivienda periurbana
fuente: elaboración propia



figura 51: Planta de conjunto vivienda periurbana
 fuente: elaboración propia

usuarios del espacio periurbano son familias con hijos pequeños. La cercanía de las plazas a las viviendas permite que los niños jueguen con mayor libertad, ya que no es necesario que los padres estén vigilando directamente junto a ellos.

3.2.2 Entre interior y exterior

La vivienda periurbana busca llevar el interior al exterior y viceversa, con el objetivo de intensificar la relación con el territorio y potenciar un sentido de responsabilidad y arraigo por el mismo. Para lograr este cometido, se proponen una serie de patios que recorren el espectro entre interior y exterior (fig. 52).

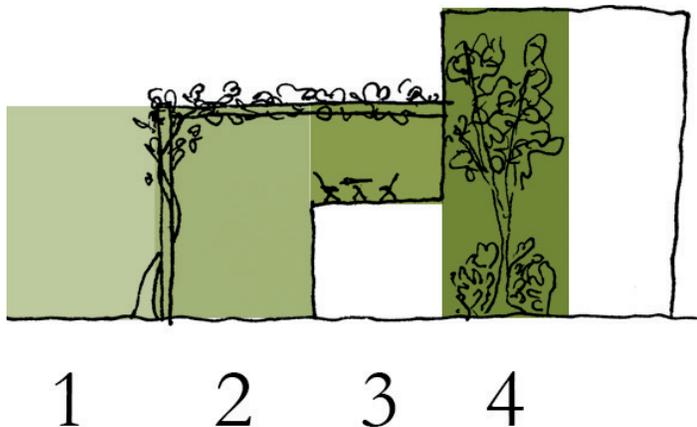


figura 52: patios interiores y exteriores de la vivienda periurbana
fuente: elaboración propia

- (1) El patio exterior, porción descubierta del terreno de cada vivienda.
- (2,3) Patios intermedios cubiertos por un parrón: el parrón se usa como un elemento permeable, capaz de delimitar el espacio y proveer sombra. Estos patios entregan una sensación de interioridad aún cuando se está a la intemperie

- (3) El patio interior, completamente rodeado por la vivienda. Relación de proximidad constante entre la vegetación y los habitantes de la casa.

Así se busca establecer una relación con el exterior que se aproxima a la vivienda rural tradicional del valle central chileno, cuyos usuarios entienden el territorio como parte de su casa.

Según esta configuración a partir de patios y considerando las necesidades de los usuarios que revisamos en capítulos anteriores, se alcanza la definición de una vivienda tipo (fig. 53). Ya que los principales usuarios del territorio periurbano son familias jóvenes, se consideran 4 habitantes para una vivienda de 95 m², aproximándose al tamaño promedio de las tipologías existentes en conjuntos periurbanos actuales.

La casa de 3 pisos cuenta con un dormitorio para los padres, un dormitorio para cada hijo/a, 2 baños, escritorio, comedor, cocina, sala de estar, lavadero y espacio de trabajo. Los recintos de uso comunitario se ubican en el primer piso, las habitaciones de los niños y escritorio en el segundo, y la habitación de los padres en el tercero. Con este equipamiento, los integrantes de la familia pueden desenvolver sus actividades cotidianas cómodamente y con privacidad entre padres e hijos.

Los distintos patios de la casa entregan espacios recreativos adicionales a los mínimos necesarios. El patio (2) se relaciona con el primer nivel, de carácter común; el patio (3) se asocia al segundo nivel, de uso especial para los más jóvenes y también para la familia completa; los padres cuentan con una terraza privada en el tercer nivel, y por último, el patio interior (4) es transversal a todos los niveles, de presencia constante en la vivienda. Esta configuración permite que todos los recintos tengan ventanas al exterior, permitiendo la circulación de aire e iluminación natural, además de la sensación de estar inmerso entre la vegetación.

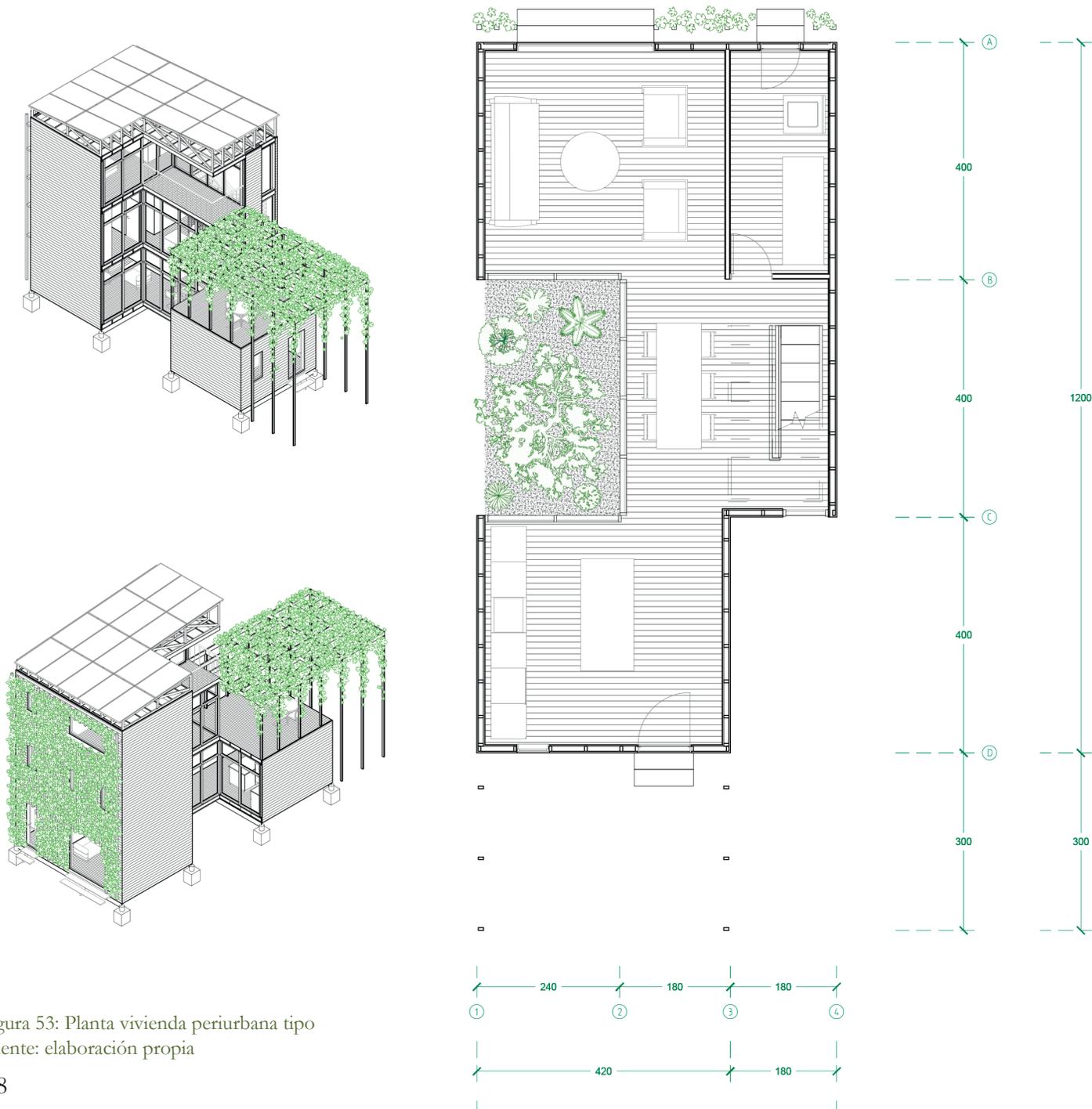
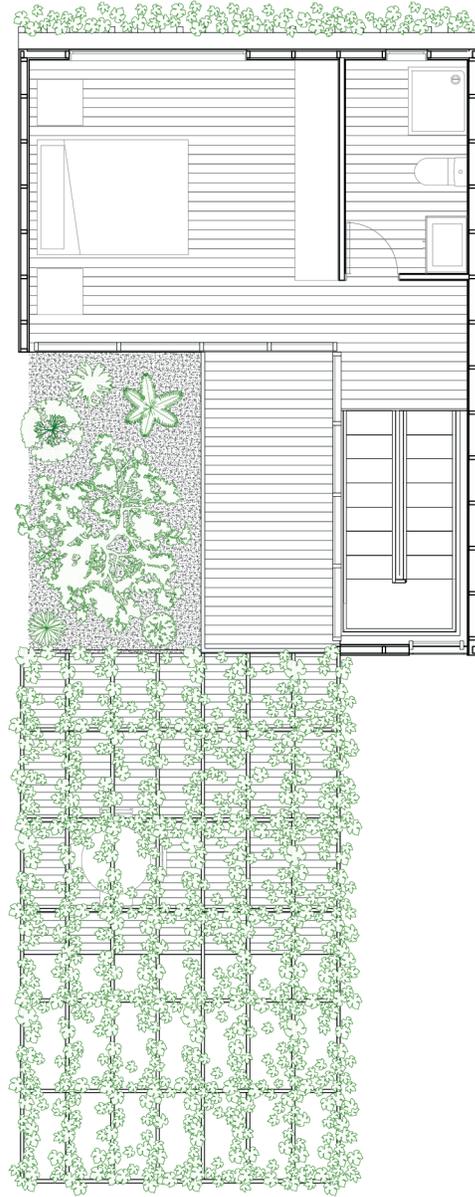
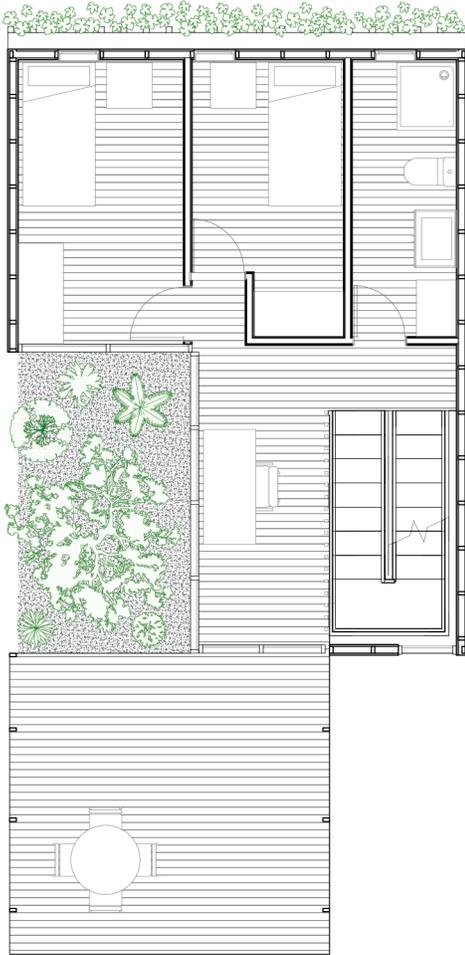


figura 53: Planta vivienda periurbana tipo
fuente: elaboración propia



95 m²

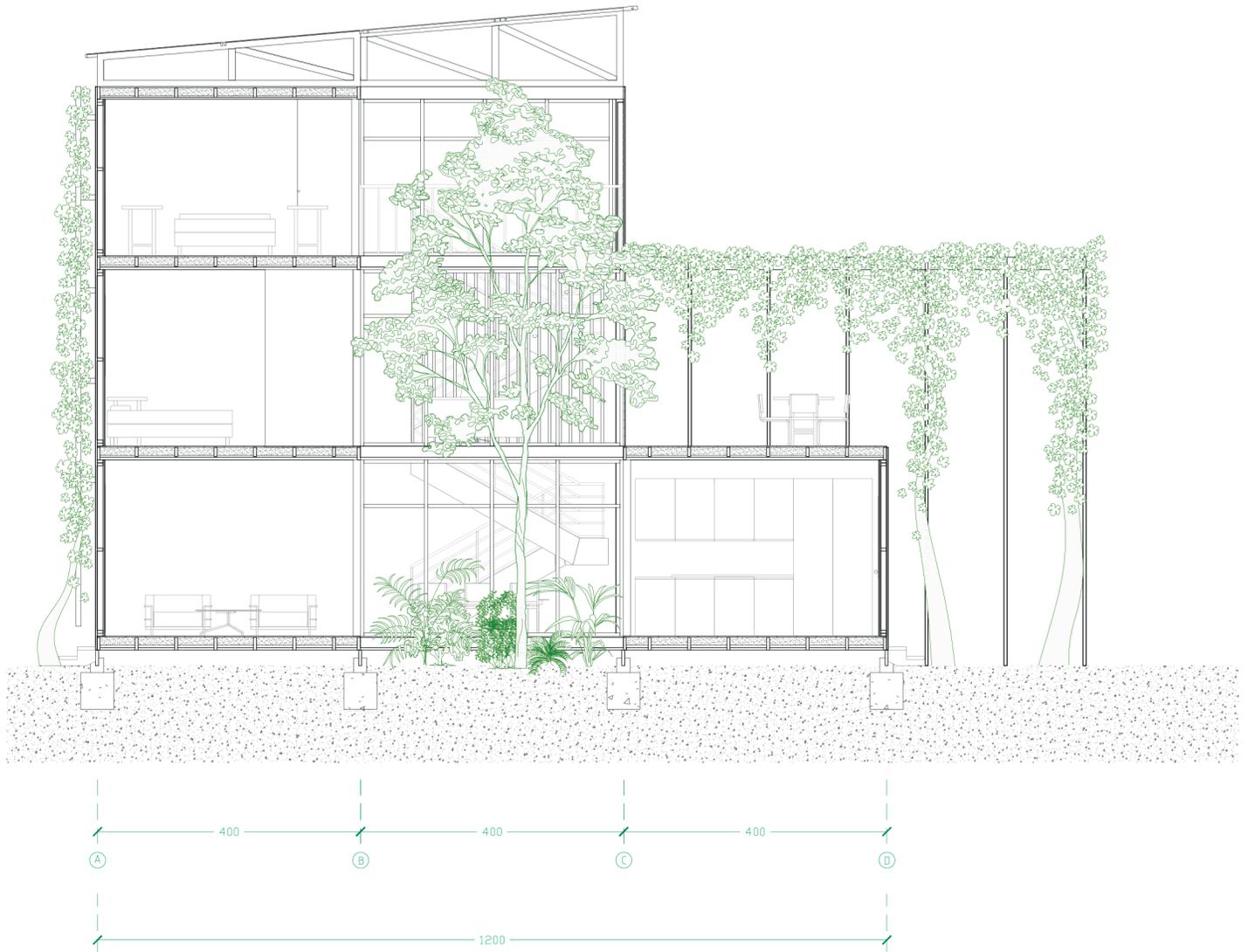
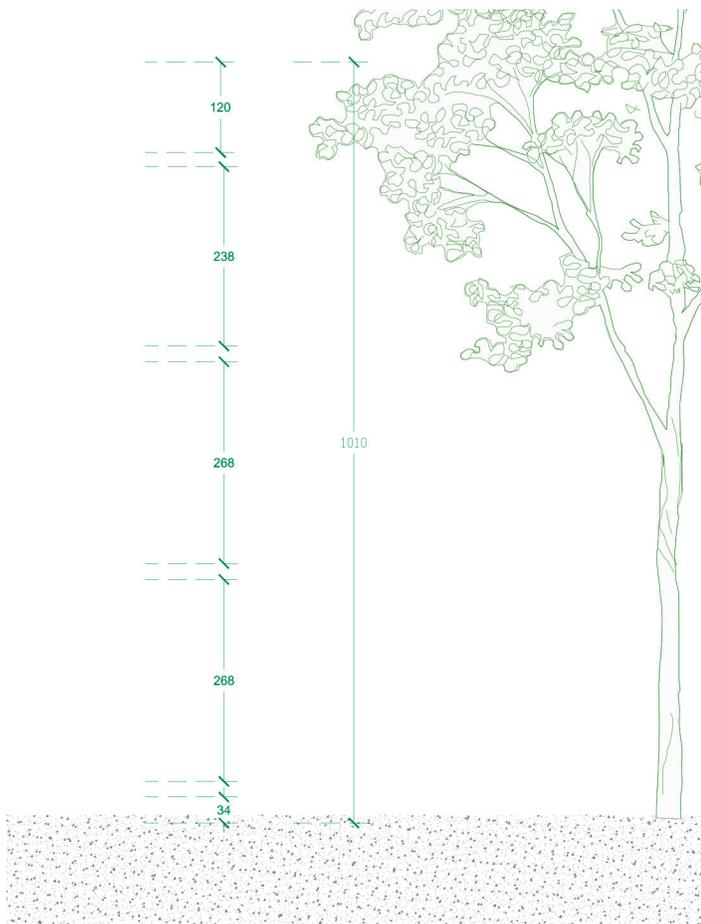


figura 54: Corte vivienda periurbana tipo
fuente: elaboración propia



La vivienda periurbana tipo también permite ampliaciones (**fig. 55**), siendo posible alcanzar 116 m² para albergar cómodamente a dos personas más. La configuración de la vivienda es tal, que aún con las ampliaciones todos los recintos poseen iluminación natural y aperturas al exterior.

Además de la posibilidad de ampliar, se ofrece una vivienda periurbana tipo de 78 m², más compacta y económica (**fig. 56**). Esta tipología presenta una oportunidad más accesible, con el mismo número de dormitorios y sin perder el patio interior, terrazas y parrones.

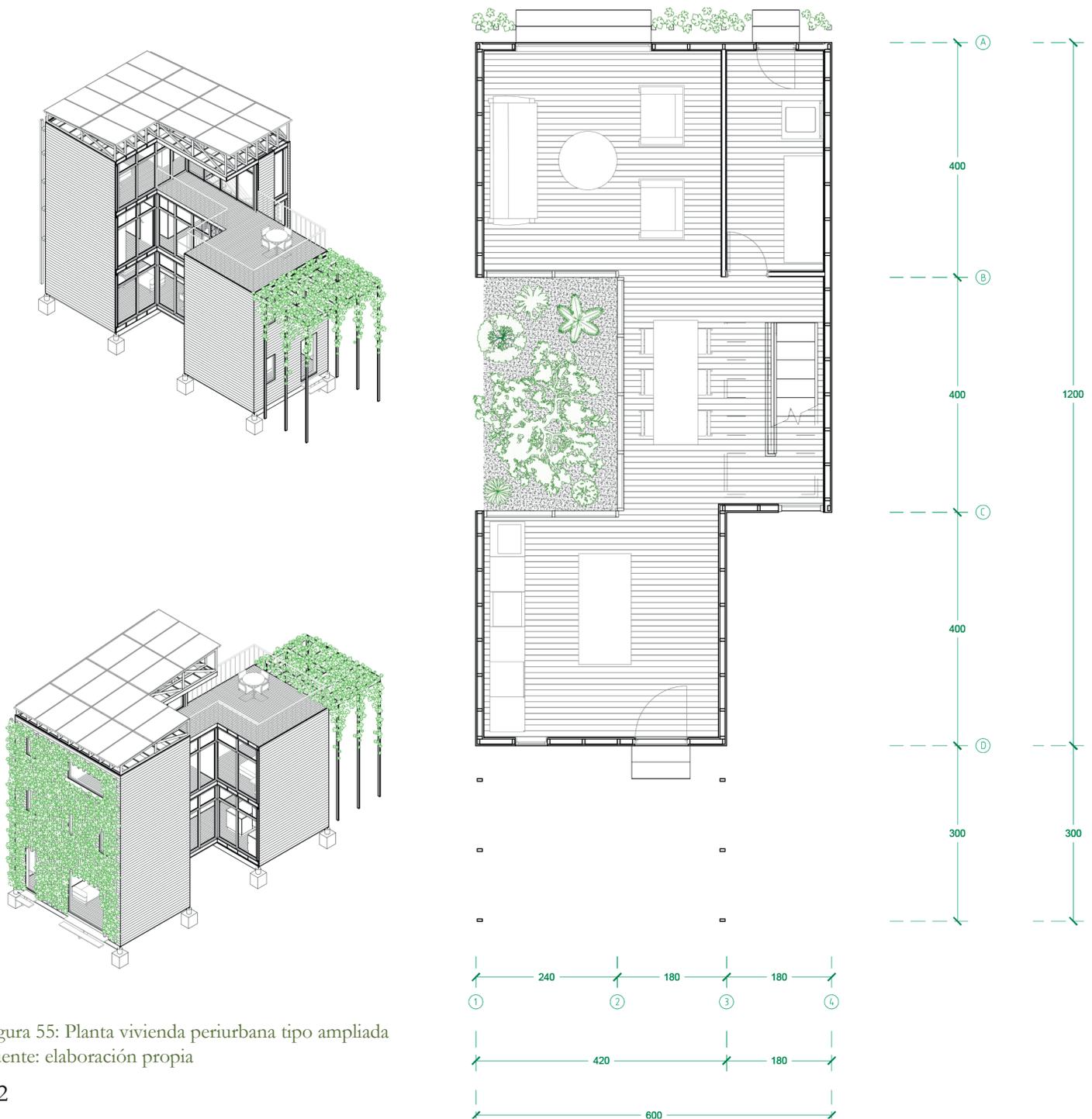
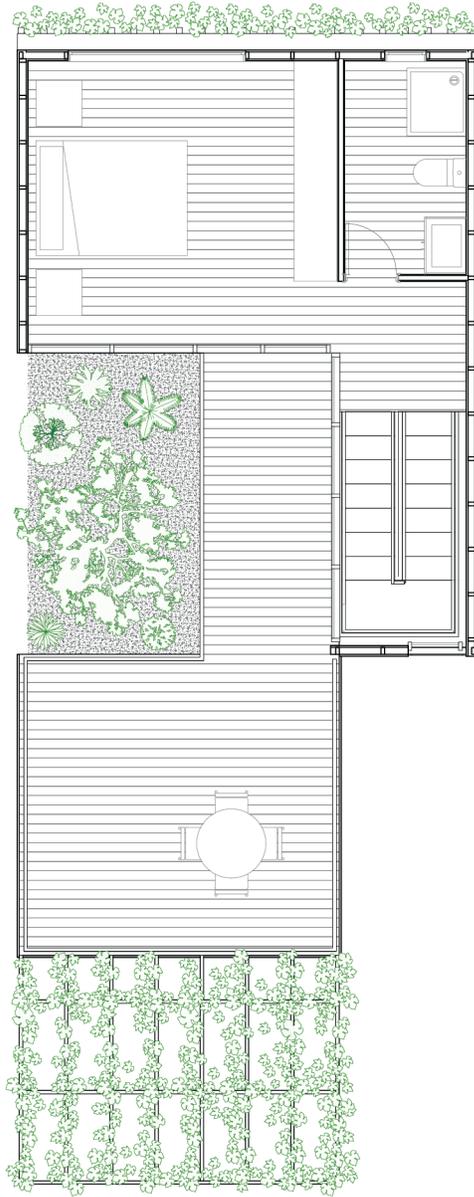
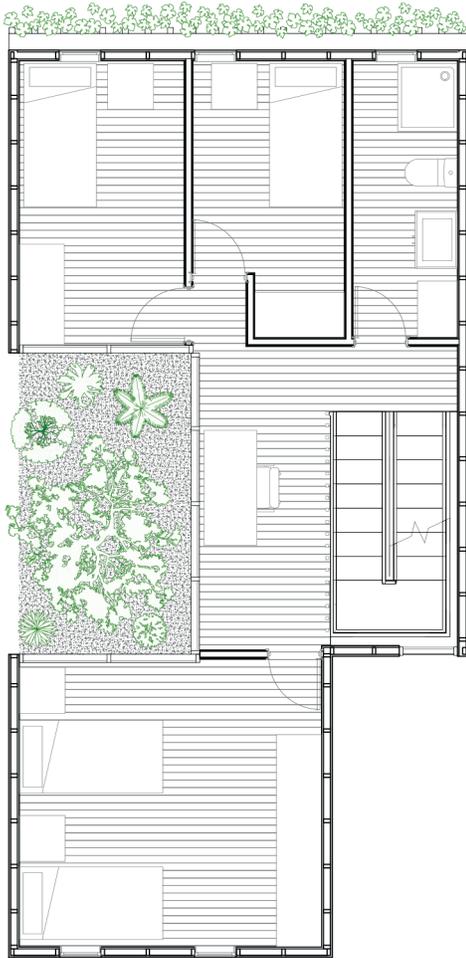


figura 55: Planta vivienda periurbana tipo ampliada
fuente: elaboración propia



116 m²

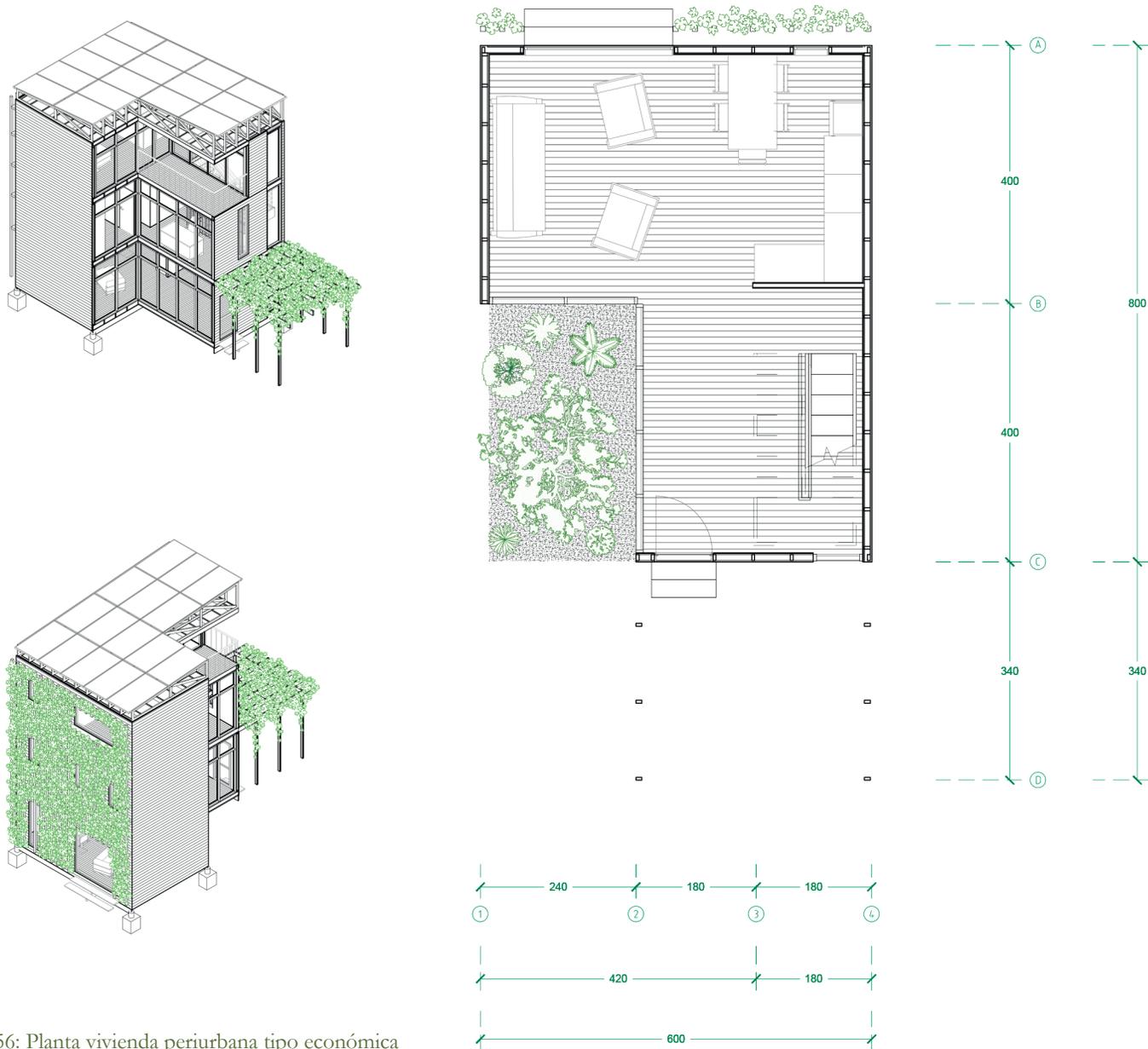
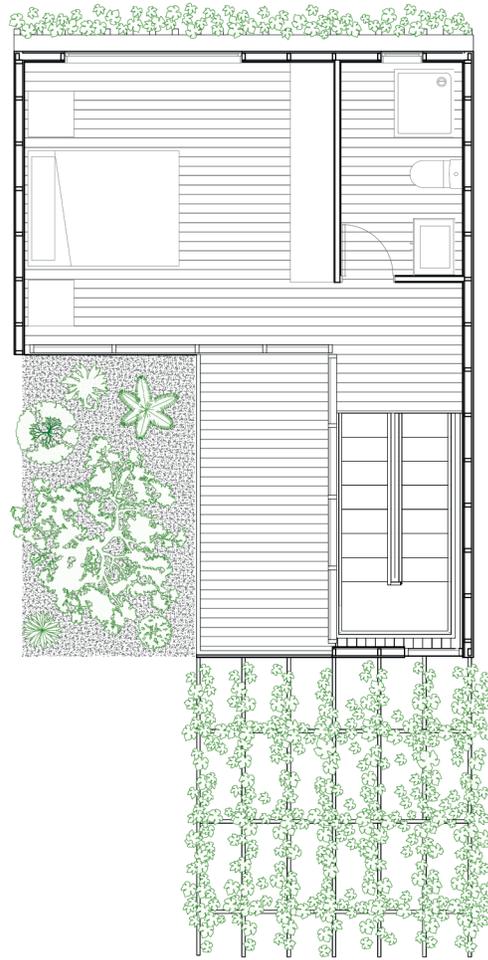
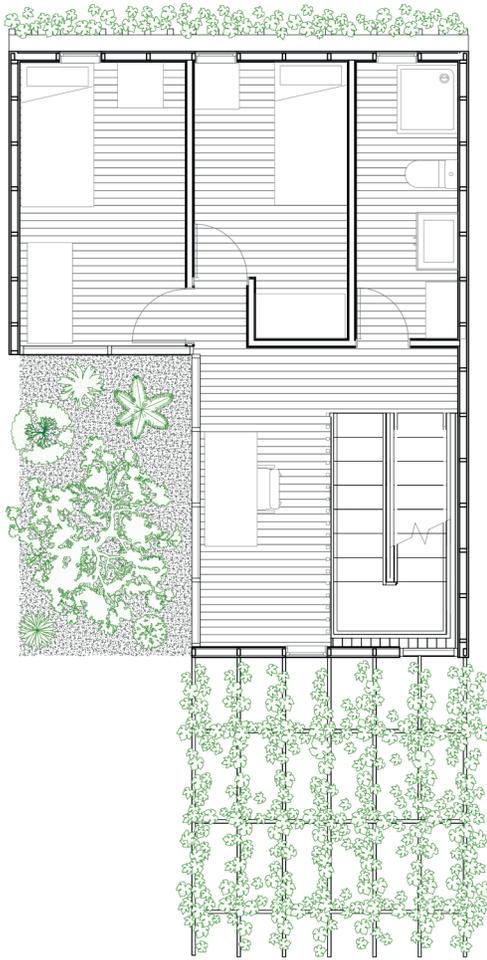


figura 56: Planta vivienda periurbana tipo económica
fuente: elaboración propia



78 m²

3.3 Sistemas de confort y eficiencia de recursos de bajo impacto

Las viviendas utilizan distintos recursos energéticos, como leña, electricidad, gas licuado y gas natural, para mantener condiciones confortables en su interior. Cada uno de estos recursos “provoca impactos ambientales con diferentes efectos (sobre el suelo, aire y agua) a nivel local, regional, nacional o global” (Bustamante, 2009, p. 18). Para que la vivienda periurbana tenga un impacto ecológico mínimo, esta debe valerse de sistemas que permitan minimizar los consumos: un modelo energéticamente eficiente.

Las necesidades para mantener condiciones de confort en una vivienda dependerán del clima en que se inserten. Según la escala Köppen-Geiger, el clima de Buin se caracteriza como templado cálido, con una temperatura promedio anual de 14,9°C. Como sucede en gran parte del valle central, la oscilación térmica entre invierno y verano es sustancial, con una máxima media del mes cálido (enero) de 29° C y una mínima media del mes frío (julio) de 2,8° C. Las máximas y mínimas registradas para el año 2018 son aún mayores (fig. 57).

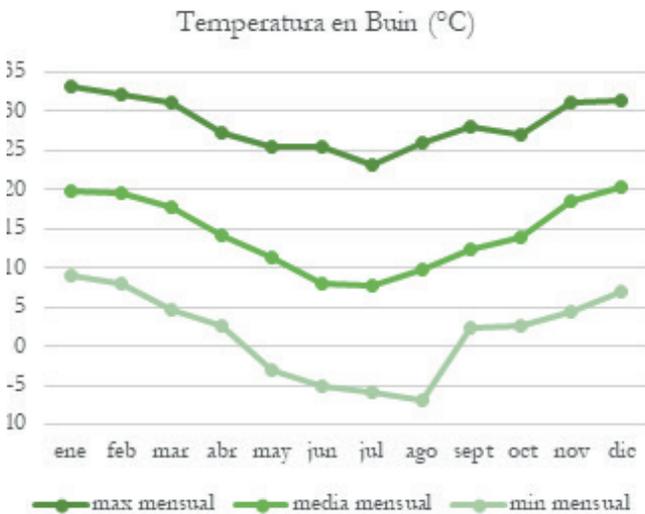


figura 57: Temperatura en Buin (°C)
fuente: elaboración propia en base a datos AGROMET

La precipitación anual alcanza 370 mm en promedio, concentrándose cerca de un 60% de la misma en los meses de invierno. (AGROMET).

La radiación solar anual alcanza los siguientes valores:

Global Horizontal (kWh/m ² /día)	Global inclinada (kWh/m ² /día)	Directa Normal (kWh/m ² /día)	Difusa Horizontal (kWh/m ² /día)
5,44	5,98	7,44	1,00

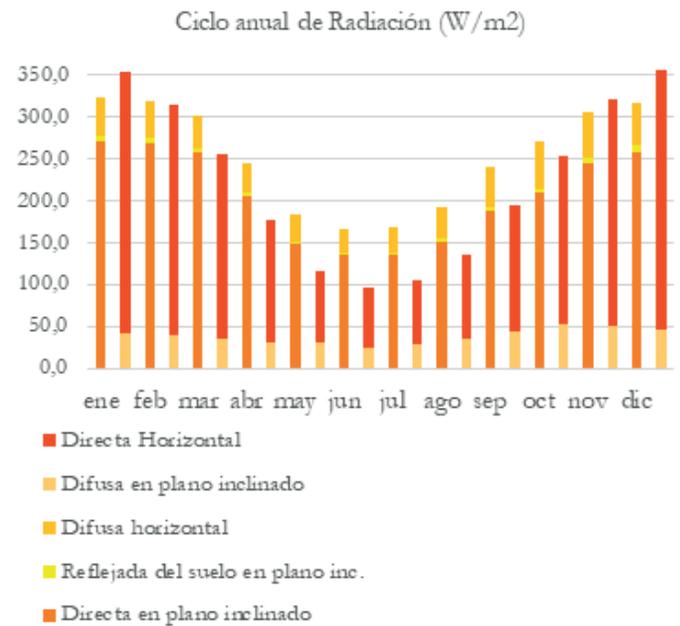


figura 58: Radiación en Buin (°C)
fuente: elaboración propia en base a datos Explorador Solar (MINERG)

Según estas condiciones, las variables más “extremas” son los altos niveles de radiación durante el verano y la gran oscilación térmica entre los meses calurosos y los meses fríos. Debido a esta última condición especialmente, las estrategias de diseño para la climatización de la vivienda deben ser dinámicas y adaptables.

3.3.1 Climatización con material vegetal

En el capítulo anterior se mencionó la oportunidad de integrar material vegetal en la vivienda debido a sus capacidades de secuestro de carbono, purificación del aire y regulación climática. Esta última funciona también a la escala de vivienda, si se utilizan plantas como protección solar y para enfriar el aire con que se ventila. Además, si se eligen plantas caducifolias estas estrategias tendrán un funcionamiento dinámico, estando activas en verano e inactivas en invierno. Las plantas tienen la capacidad de enfriar el aire circundante mediante el proceso de evapotranspiración (fig. 59): el calor absorbido se almacena temporalmente en el agua contenida dentro de la hoja hasta alcanzar el calor de vaporización, liberando la energía en forma de vapor de agua (Price, 2010).

1. Protección solar: las plantas pueden reducir la radiación que incide en la vivienda al proporcionar sombra y al absorber la energía mediante el proceso de evapotranspiración. El dosel de una planta típicamente absorberá un 75% de la radiación incidente (Gates, 1980). Un estudio con edificios experimentales realizado en Maryland, EEUU, encontró que una fachada verde redujo significativamente la t° del aire ambiente, t° superficial exterior, flujo de calor a través del muro y la t° del aire interior (Price, 2010). Se propone instalar una fachada verde en el muro norte de la vivienda para reducir las ganancias por radiación durante el verano. Para esto se coloca una celosía como soporte y se plantan especies trepadoras caducifolias en el suelo bajo la misma. Se propone usar Parra virgen (*Parthenocissus quinquefolia*) (fig. 60) por su amplia capacidad de cobertura, alta necesidad de luz solar y fácil acceso en Chile.

2. Ventilación: gracias al proceso de evapotranspiración, el aire que circunda el material vegetal está más frío, por lo que se propone que la ventilación de la vivienda circule a través de plantas en la mayor medida posible. Aquí entran en juego el parrón exterior y el patio interior. Los vientos pasan por la vegetación del parrón antes de ingresar a la vivienda.

El patio interior cuenta con aperturas al interior de la vivienda, por lo que el aire se refresca atravesando una segunda capa vegetal. Finalmente, las aperturas de la vivienda permiten la ventilación cruzada, propiciando un flujo continuo de aire fresco.

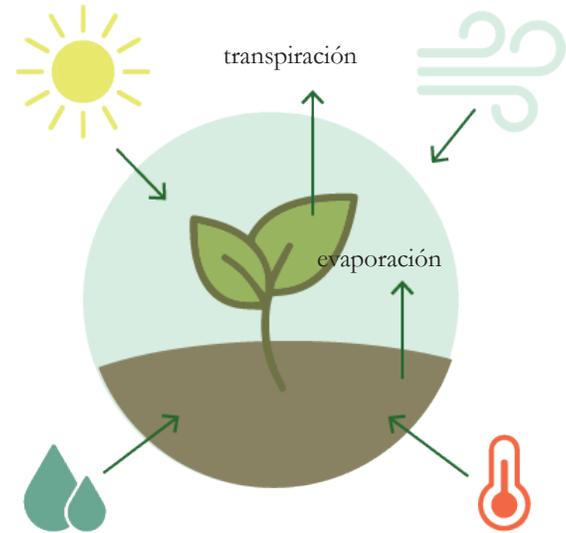


figura 59: evapotranspiración
fuente: elaboración propia



figura 60: parra virgen (*parthenocissus quinquefolia*)
fuente: the original garden

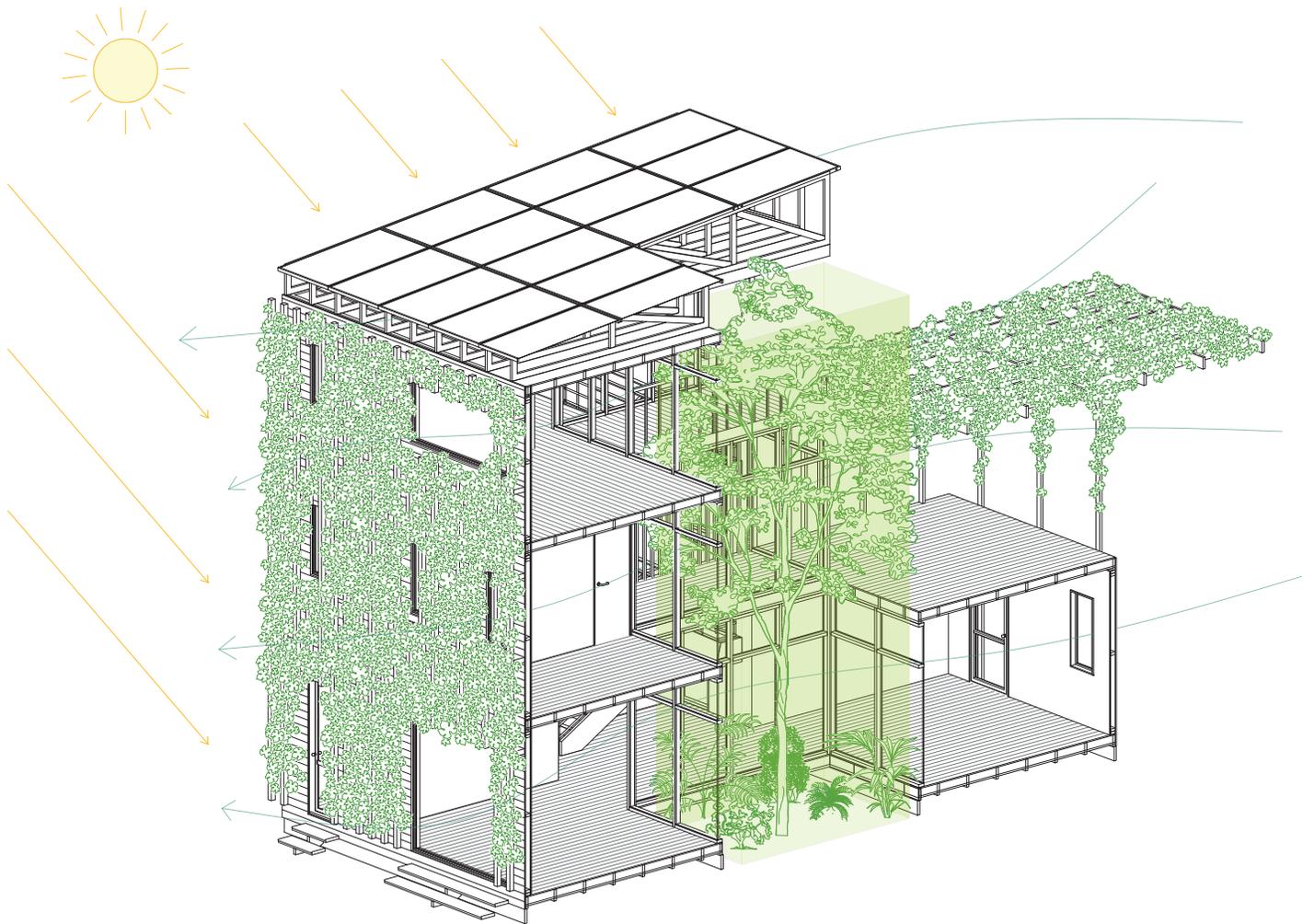


figura 61: estrategias de protección solar y ventilación con material vegetal
fuente: elaboración propia

3.3.2 Generación eléctrica con energía solar

Los altos niveles de radiación solar suponen una oportunidad para la generación de energía eléctrica mediante módulos fotovoltaicos. Para saber cuantos paneles instalar, primero debemos conocer la demanda diaria de electricidad de la vivienda (fig. 63).

Considerando 5 habitantes en la vivienda en un día de invierno, el consumo eléctrico diario se estima en 5,73 kWh, alcanzando un consumo total anual de 2.036,8 kWh. La vivienda periurbana se propone cubrir el 100% de su demanda eléctrica mediante energía solar, para esto debemos definir la cantidad de paneles fotovoltaicos a instalar.

El modelo KYL-275P de KUHN es un panel policristalino con una potencia de 275 W y dimensiones 1640 x 992mm x 35mm. El techo de la vivienda tiene una superficie de 38,4 m², dando cabida cómodamente a 6 paneles (con un máximo de 16) y obteniendo una capacidad instalada de 1,65 kW. Según la herramienta Explorador Solar (Ministerio de Energía), con un ángulo de inclinación de 16° paralelo al techo y un azimut de -10°, la vivienda alcanzaría una generación fotovoltaica anual de 2.451 kWh.

La estructura que alberga estos paneles se integra al techo de la vivienda periurbana, entendiéndose como parte constitutiva de la casa.

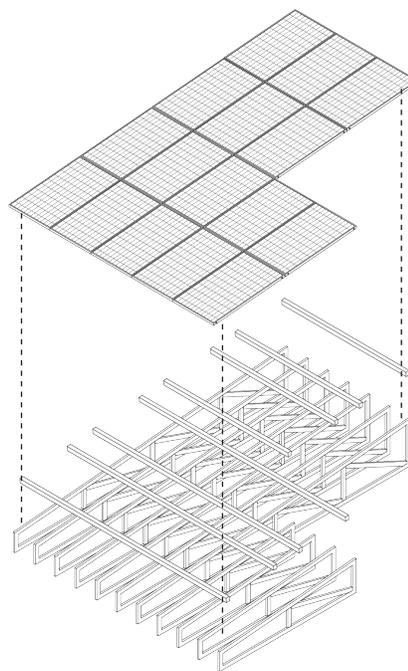


figura 62: Estructura de soporte paneles fotovoltaicos
fuente: elaboración propia

Aparato	Cantidad	Potencia (W)	Horas/día	Consumo (kWh/día)
ampolleta eficiente	15	9	6	0,81
refrigerador categoría A	1	30	24	0,72
microondas	1	800	0,15	0,12
hervidor	1	1800	0,15	0,27
televisor LCD 32"	1	120	3	0,36
equipo música	1	99	2	0,198
cargador celular	5	15	3	0,225
cargador notebook	2	73	4	0,584
plancha	1	1200	0,6	0,72
lavadora	1	330	1	0,33
aspiradora	1	1400	1	1,4
				5,737

figura 63: Demanda eléctrica diaria vivienda periurbana
fuente: elaboración propia en base a catálogos comerciales (sodimac, ripley, falabella, heimat)

3.3.3 Reciclado de aguas grises para riego

Las aguas grises corresponden al agua de lavadoras de ropa, duchas, tinas y lavamanos. Se trata de aguas residuales que pueden contener jabón, cabello, solidos suspendidos y bacterias en bajas cantidades, pero que son lo suficientemente limpias como para regar plantas (San Francisco Public Utilities Commission, 2017). Aguas provenientes de lavaplatos y máquinas lavavajillas no se consideran como reutilizables según la normativa chilena (MINSAL, 2018). El principal uso de aguas grises recicladas es para riego, siendo una gran oportunidad para reducir consumos de agua potable y generando así un beneficio económico y ecológico.

Dentro de los diversos métodos de purificación de aguas residuales se encuentran los “humedales artificiales”, que se valen de procesos de filtración a través de plantas que ocurren naturalmente en los humedales. Para su implementación y correcto funcionamiento debe impermeabilizar el suelo y elegir plantas y sustratos con propiedades especiales para la purificación. Con este propósito se utilizan plantas macrófitas, capaces de tratar procesos físicos, biológicos y químicos, dando como resultado efluentes finales depurados. El sustrato permite la fijación de población microbiana en forma de biopelícula, actor fundamental en los procesos de eliminación de contaminantes (Gana, 2019).

Se propone integrar un sistema de reciclado de aguas grises mediante un humedal artificial para cada vivienda. En conjunto a esto se plantea utilizar duchas, lavamanos y lavadoras eficientes que permitan reducir los consumos de agua potable. Para saber el tamaño del humedal artificial necesitamos saber la capacidad diaria en litros que debe soportar (fig. 64).

Según este cálculo, una vivienda de 5 personas con duchas, lavamanos y lavadoras eficientes tiene un consumo diario mínimo de 622 litros que se transformarán en aguas grises reutilizables. Si consideramos un rango adicional de 380 litros diarios, el humedal artificial debería tener una capacidad de alrededor de 1000 lts, es decir, 1 m³. Por lo tanto, se propone un humedal artificial de 2,5 m de largo x 0,8 m de ancho y 0,5 m de profundidad para cada vivienda.

Esta agua se puede utilizar fácilmente con un sistema por goteo para regar el huerto, la enredadera de la fachada norte, y arbustos y árboles (Allen, 2015) que cada familia decida plantar en su jardín.

Actividad	Consumo	Uso diario	Personas	Consumo total diario
lavarse los dientes	9 lts/min	0,5 min x2	5	45 lts
lavarse las manos	9 lts/min	0,3 min x3	5	45 lts
ducharse	12 lts/min	8 min	5	480 lts
lavar ropa	52 lts/carga	1 carga	1	52 lts
				622 lts

figura 64: generación diaria de aguas grises vivienda periurbana
fuente: elaboración propia en base a datos GWM Water

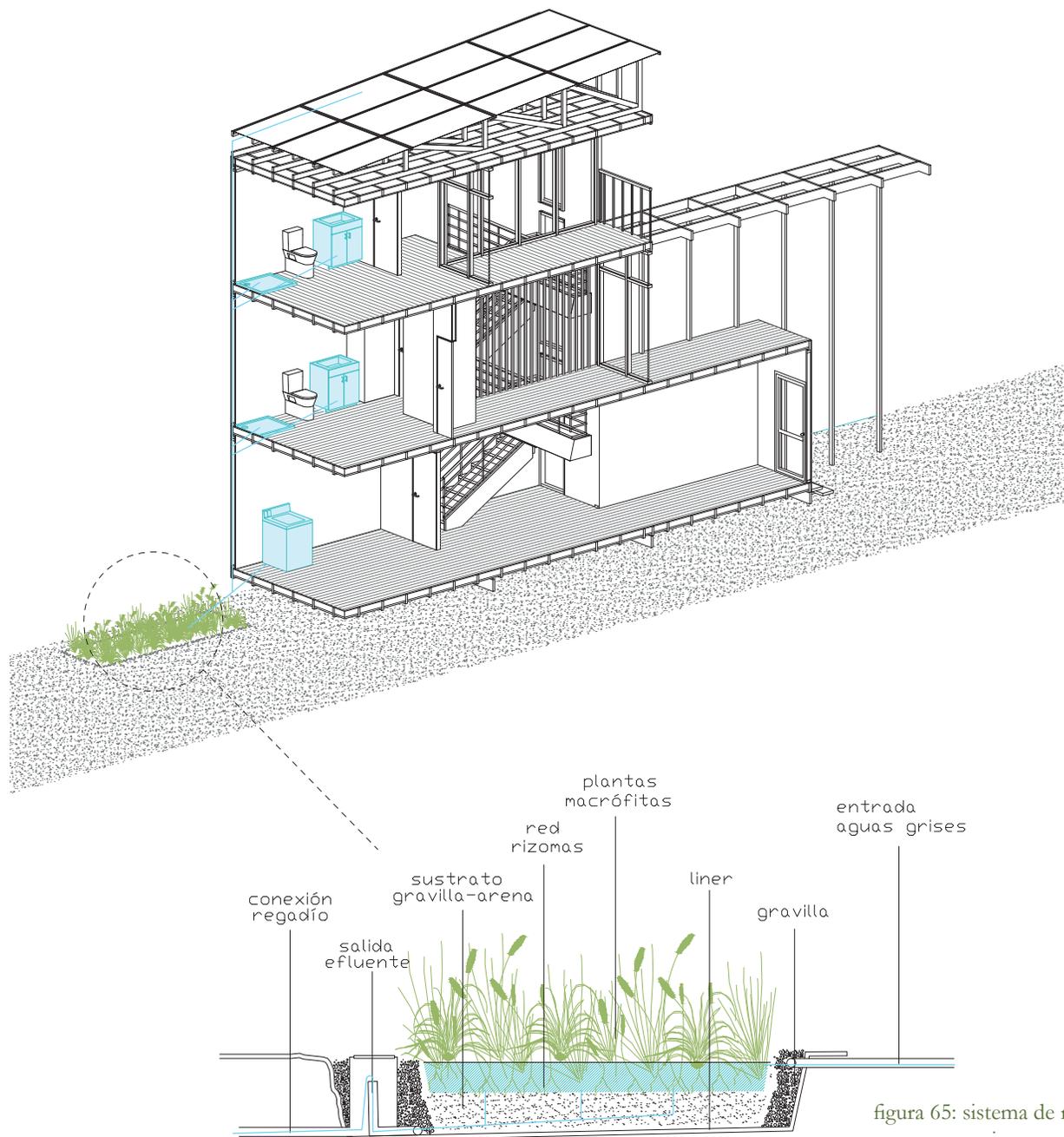


figura 65: sistema de reciclado de aguas grises con humedal artificial
fuente: elaboración propia

3.4 Elección de materiales según análisis de ciclo de vida

Al pensar en el impacto ecológico suele considerarse el propio desempeño de los edificios una vez construidos, pero se deja de lado toda la energía utilizada para su realización. Es aquí donde entra en juego el análisis del ciclo de vida completo de los materiales, que cuantifica de manera mucho más detallada y completa el impacto real de los procesos constructivos.

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV), o Life-cycle assesment (LCA) en inglés, consiste en una medición del impacto total de un producto en el medio ambiente - desde la extracción de las materias primas, a lo largo de la duración del producto como ítem de consumo, hasta que se desecha o recicla (Crawford, 2011). Estos procesos componen el ciclo biológico del producto.

En el caso de la construcción, se distinguen cinco etapas para el análisis (Bustamante, 2009):

1. Extracción y fabricación de materiales y componentes (energía incorporada)
2. Transporte de materiales y componentes al sitio de construcción
3. El proceso de construcción propiamente tal
4. La fase de operación
5. La demolición y reciclaje al fin del ciclo de vida del edificio

La madera es el único material para estructuras que puede certificar, por entidades externas a su producción, que proviene de una fuente renovable gestionada de forma sostenible. Durante todo su ciclo de vida, tiene un mejor desempeño que otros materiales, en términos de: energía capturada, emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del aire, desechos sólidos e impacto de su uso en el medio ambiente (CEI-Bois, 2012).

Específicamente, podemos ver que la madera es el único material que tiene una huella de carbono positiva al final de su ciclo de vida, o que reemplazando 1 m³ de otros materiales de construcción con 1 m³ de madera, significa capturar 1 tonelada de CO₂ (Sierra, 2011). Sabiendo esto, cabe destacar que el 70% de las plantaciones forestales en Chile cuenta con certificaciones de manejo forestal sustentable reconocidas internacionalmente. (CORMA).

A continuación se describirán algunas ventajas de la construcción en madera en comparación a otros materiales, mediante el análisis de su ciclo de vida. Los valores utilizados provienen de un estudio realizado en Australia (Ferguson et. al., 1996), ya que demuestran de manera clara y comprensible la relatividad entre los materiales.

Primero, en términos de emisiones:

Material	Carbono emitido (kg/t)	Carbono emitido (kg/m ³)	Carbono almacenado (kg/m ³)
Madera aserrada	30	15	250
Acero	700	5320	0
Hormigón	50	120	0
Aluminio	8700	22000	0

figura 66: emisiones de carbono materiales de construcción
fuente: elaboración propia en base a Ferguson et. al., 1996

Podemos observar que los niveles de emisión son considerablemente más bajos que los de otros materiales. Por lo demás, tanto el hormigón como el acero y el aluminio sólo pueden almacenar cantidades despreciables de CO₂.

La siguiente tabla presenta valores para la construcción y operación de casas construidas con distintos materiales. Muestra estimaciones de energía incorporada en las paredes de una

casa tamaño estándar en términos de la energía requerida para la construcción, y la energía total tras el mantenimiento por una vida útil de 40 años (**fig. 67**).

Podemos observar que la correlación entre el alto uso de madera y la baja energía incorporada es aparente.

A pesar de las variaciones entre los distintos diseños, los siguientes ejemplos son esclarecedores:

- Una viga de acero requiere más de 10 veces la energía de producción de una viga equivalente de madera.
- Un marco de ventana de aluminio usa 50 veces la energía de un marco de madera equivalente.
- Haciendo una comparación de peso, la manufactura de madera aserrada involucra aproximadamente el 10-30% de la energía requerida para la manufactura de acero y menos del 6% de la requerida en la manufactura de aluminio.

Teniendo esta información, se propone utilizar madera como el material de la estructura de las viviendas, así como para los marcos de las ventanas y celosías exteriores.

Para la aislación de la vivienda se escogen materiales de origen vegetal que reciclan desechos para su fabricación.

Como aislante principal se opta por la celulosa (**fig. 68**), fabricada a partir de una mezcla de residuos de papel (generalmente de diario) y agua tratada con sales de bórax para darle capacidades ignífugas. Tiene un comportamiento térmico similar al de los aislantes tradicionales y es un excelente aislante acústico (Nieves et. al, 2015).

Como aislante exterior se propone utilizar tableros aglomerados de corcho natural (**fig. 69**), que generalmente se elaboran a partir de los desechos en la producción de tapones de botellas. Se trata de un material 100% renovable con un buen comportamiento térmico y acústico (Silva et. al, 2008).

Tipo de Construcción	Energía por unidad de área de ensamblaje (MJ/m ²)	Energía para completar la construcción (MJ)	Energía utilizada en el mantenimiento por 40 años (MJ)
Marco de madera, tinglado de madera, pintada	188	31.020	24.750
Marco de madera, revestimiento ladrillo	561	92.565	0
Doble ladrillo	860	141.900	0
Hormigón liviano, pintado	464	76.560	24.750
Marco de acero, revestimiento fibrocemento, pintada	460	75.900	24.750

figura 67: energía incorporada según distintos sistemas constructivos
fuente: elaboración propia en base a Ferguson et. al., 1996

Según el análisis de ciclo de vida, estos materiales aislantes naturales presentan contribuciones a una serie de categorías de impacto considerablemente más bajas que sus competidores directos (poliestireno expandido y extruído, lana mineral). Sus procesos de obtención, manufactura y producción requieren bajos consumos de combustibles fósiles, bajos índices de desabastecimiento de recursos abióticos, y bajos niveles de emisiones de carbono (Silvestre et. al, 2016, Hill et. al, 2018).

En la siguiente tabla comparativa (fig. 70) podemos observar los valores de conductividad térmica de estos materiales son similares a los de sus contrapartes tradicionales, sin embargo sus valores de energía incorporada y emisiones de carbono son mucho menores.



figura 68: aislante de celulosa proyectada
fuente: australsur.cl



figura 69: placas de corcho aglomerado
fuente: isolcork.cl

Aislante	Conductividad térmica (W/mK)	Energía incorporada (kW eq/UF)	Emisiones (CO2 eq/UF)
Poliestireno expandido	0,037	84	10
Lana de vidrio	0,035	64	12
Lana mineral	0,04	168	43
Celulosa proyectada	0,04	22	-10
Panel de Corcho	0,036	41	-26

figura 70: tabla comparativa de materiales aislantes
fuente: elaboración propia en base a Comparación global de tipos de aislamiento, revista EcoHabitar

3.5 Sistema constructivo y análisis de desempeño

Existen distintas maneras de construir con madera, para el caso de la vivienda periurbana se opta por un sistema tradicional tipo balloon frame (**fig. 71**). Este sistema utiliza piezas de madera de dimensiones tradicionales y por tanto de fácil obtención, además de ser fácil de montar y replicar en serie.

La estructura de la vivienda periurbana está conformada por: las fundaciones, entramados horizontales (plataforma primer piso, 2 entrepisos y cielo), entramados verticales (tabiques soportantes y autosoportantes), y la estructura de techumbre. La celosía que soporta la fachada verde también se realiza en madera y la estructura del parrón se realiza como una continuación del entramado del segundo entrepiso (**fig. 72**). La simplicidad de este sistema constructivo facilita las posibles ampliaciones que las familias decidan realizar a sus casas.

Las estrategias de confort y eficiencia de recursos de bajo impacto mencionadas en secciones anteriores deben ser potenciadas y funcionar en conjunto con las características constructivas de la vivienda. Tanto la envolvente como los sistemas constructivos (**fig. 73**) juegan un rol fundamental en conseguir condiciones ambientales adecuadas en la vivienda para el desarrollo de las actividades de sus usuarios en situación de confort. Cuando estos elementos permiten minimizar los consumos energéticos, contribuimos a minimizar el impacto ambiental de la vivienda.

La vivienda se apoya en vigas soportadas por fundaciones aisladas, que levantan la vivienda 35 centímetros del suelo (protegiéndola de la humedad del suelo) y permiten una intervención mínima sobre el terreno. De esta manera se conservan lo más posible las funciones ecosistémicas y medioambientales del suelo.

La estructura de techumbre se construye a partir de cerchas tipo diente de sierra, que soportan a los paneles fotovoltaicos

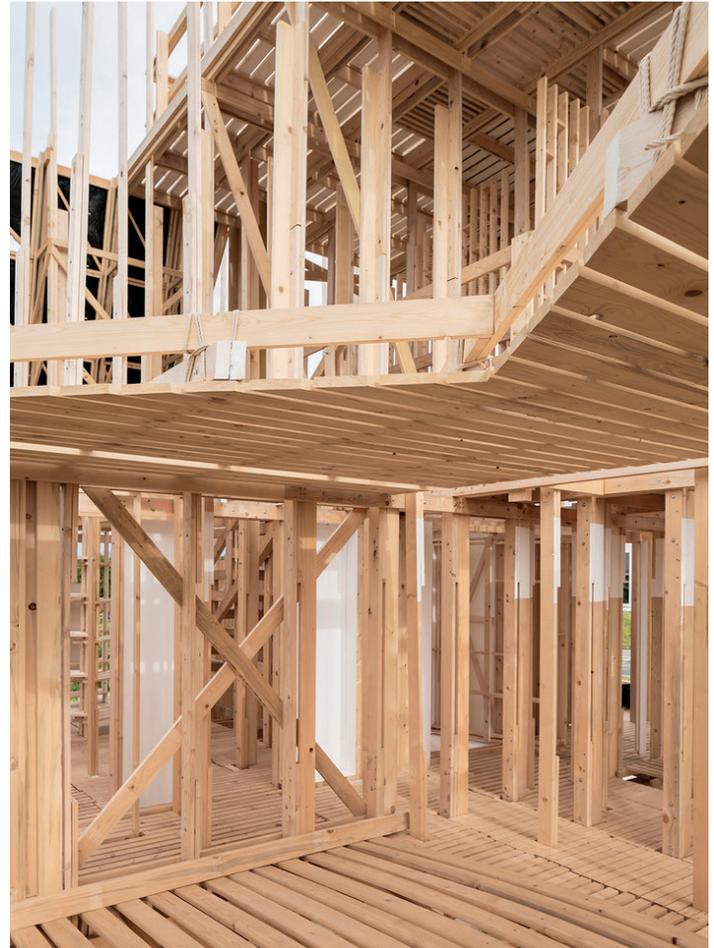


figura 71: Casa 1, ALICE Studio Architects
fuente: Archdaily

y permiten que el aire circule a través del techo.

La celosía exterior ubicada en la fachada norte cuenta con aleros de 30 cm sobre las ventanas, que proveen una protección solar activa aún cuando no hay vegetación.

Se utilizan ventanas de vidriado doble de baja emisividad con cámara de aire que regulan el intercambio térmico entre la vivienda y el interior.

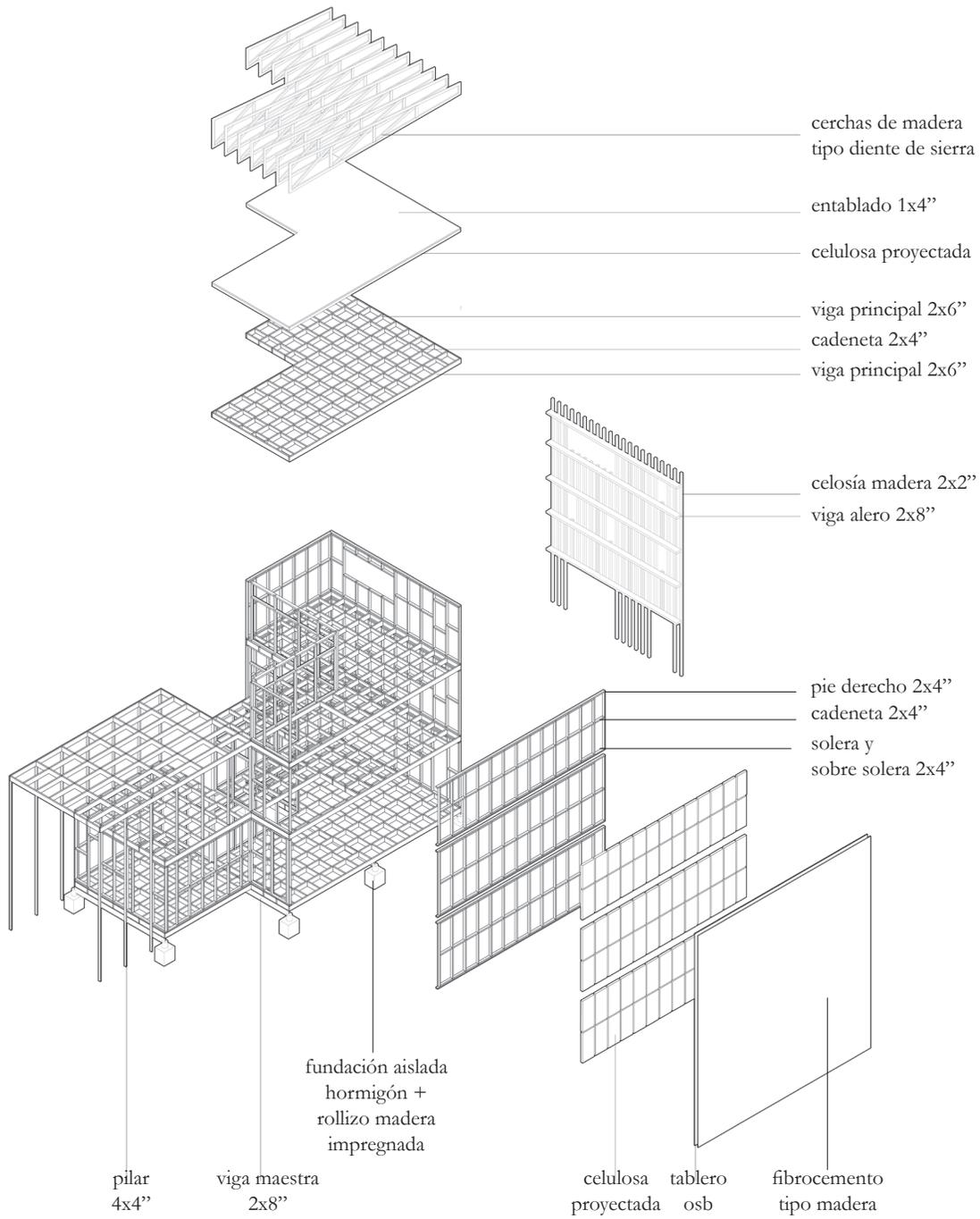


figura 72: sistema constructivo vivienda periurbana
fuente: elaboración propia

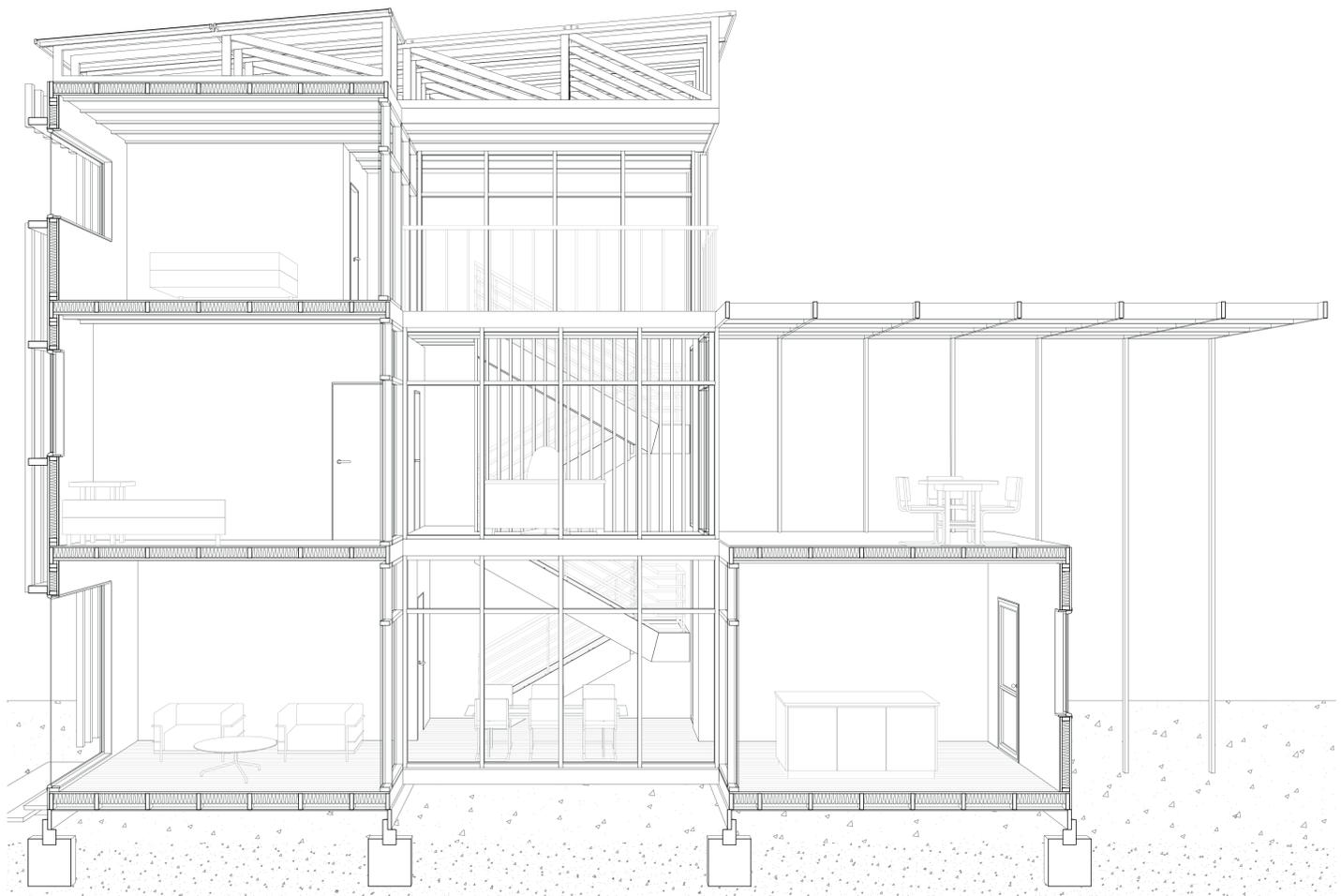
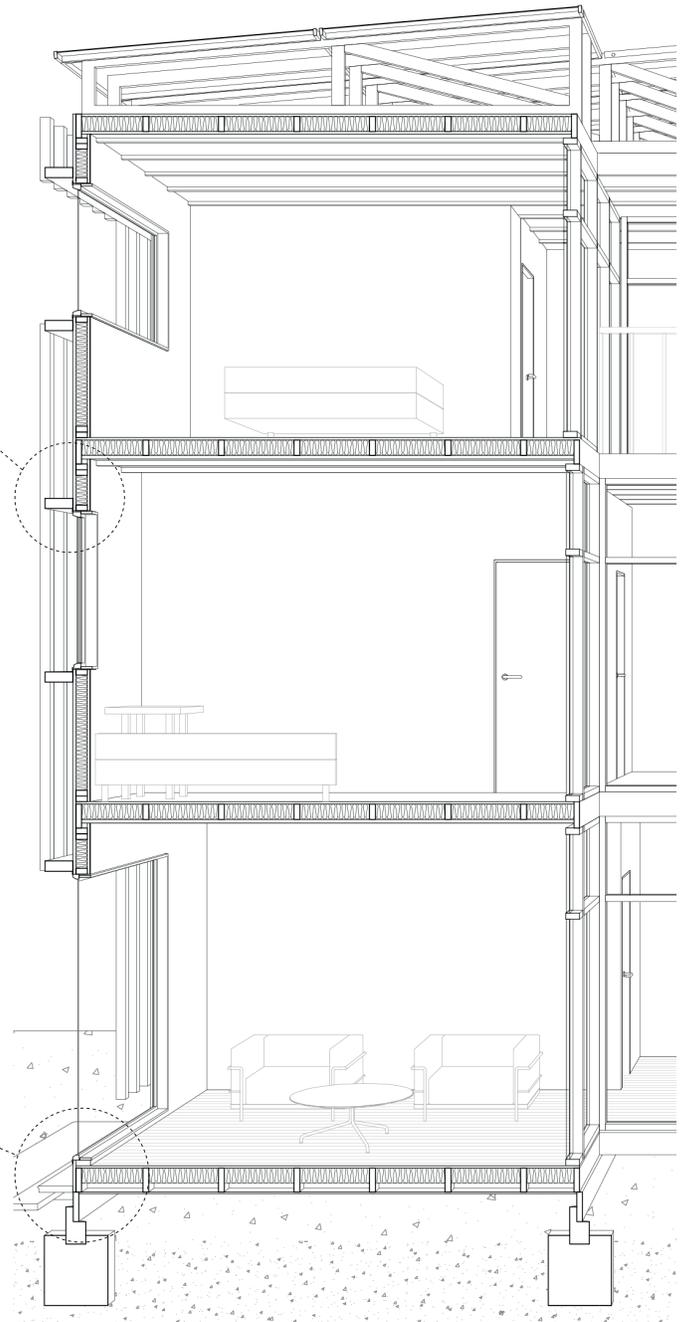
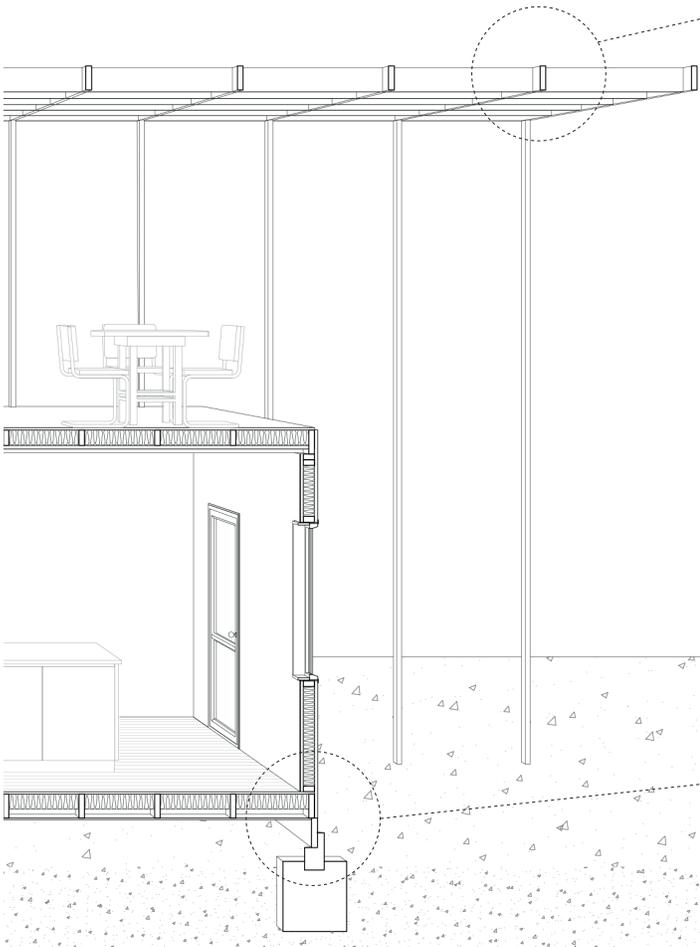
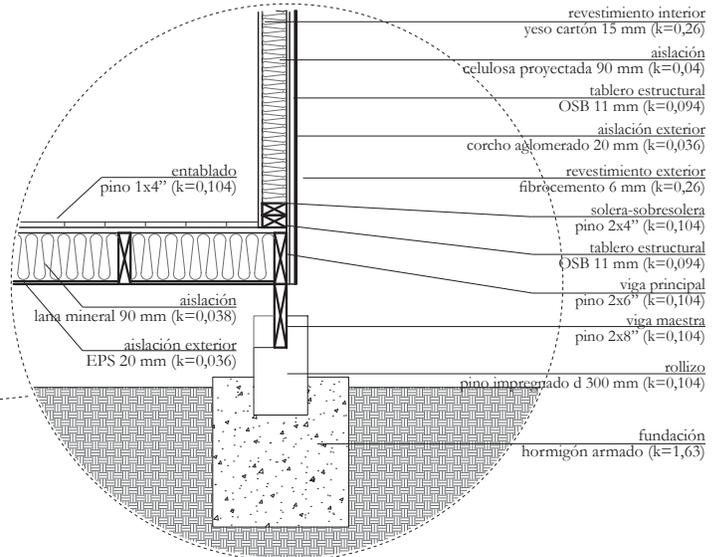
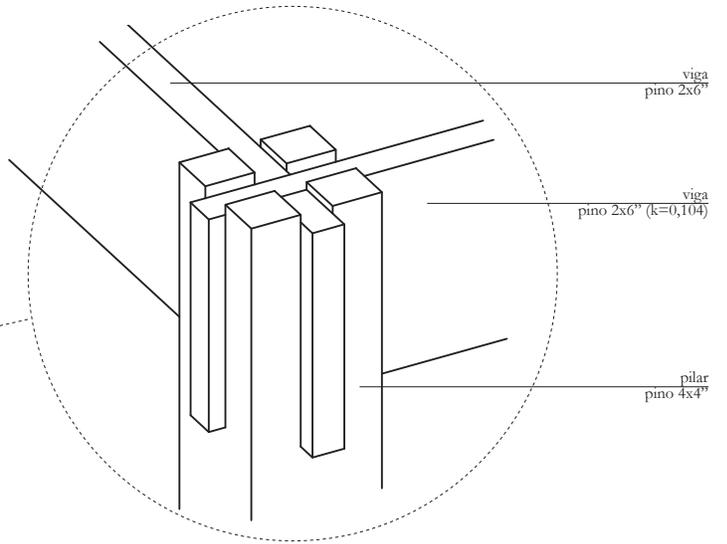


figura 73: escantillón y detalles constructivos
fuente: elaboración propia

revestimiento interior
 yeso cartón 15 mm ($k=0,26$)
 aislamiento
 celulosa proyectada 90 mm ($k=0,04$)
 tablero estructural
 OSB 11 mm ($k=0,094$)
 revestimiento exterior
 fibrocemento 6 mm ($k=0,26$)
 aislamiento exterior
 corcho aglomerado 20 mm ($k=0,036$)
 celosía
 pino 1x1"³⁹
 alero
 pino 2x8"³⁹
 dintel
 pino 2x4"³⁹ ($k=0,104$)
 marco ventana
 pino 200 mm ($k=1,8$)
 termopanel low-e
 doble vidrioado c/ cámara de aire 4mm
 ($k=1,8$)

termopanel low-e
 doble vidrioado c/ cámara de aire 4mm
 ($k=1,8$)
 marco ventana
 pino 200 mm ($k=1,8$)
 alféizar
 pino 2x4"³⁹ ($k=0,104$)
 tablero estructural
 OSB 11 mm ($k=0,094$)
 revestimiento exterior
 fibrocemento 6 mm ($k=0,26$)
 viga principal
 pino 2x6"³⁹ ($k=0,104$)
 escalera exterior
 pino
 viga maestra
 pino 2x8"³⁹ ($k=0,104$)
 aislamiento
 celulosa proyectada 90 mm ($k=0,04$)
 revestimiento exterior
 fibrocemento 6 mm ($k=0,26$)





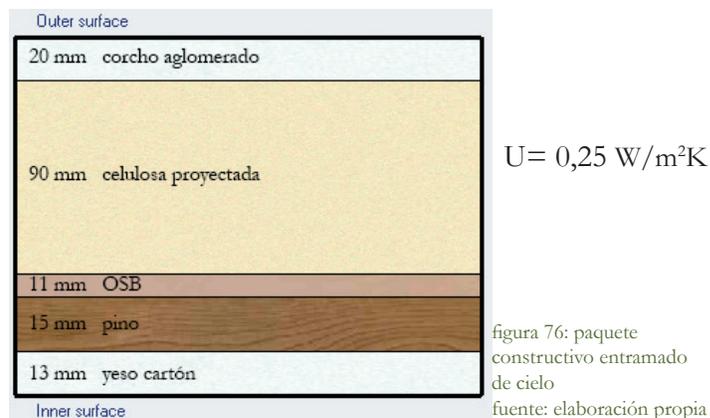
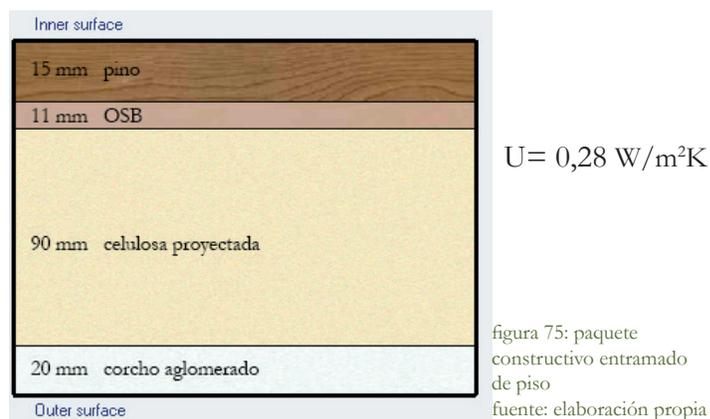
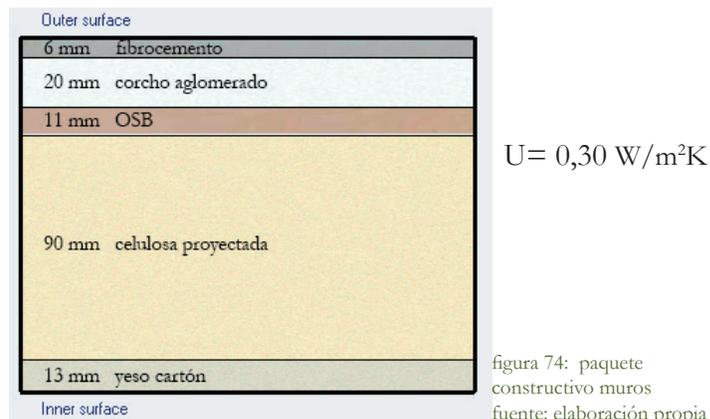
Para comprobar el desempeño energético de la vivienda periurbana, se realizan simulaciones mediante un modelo dinámico con el software DesignBuilder. Específicamente, se busca analizar las demandas de calefacción y enfriamiento, y los efectos que los parrones y patio interior tienen sobre las mismas.

Para efectuar este análisis se elaboran dos modelos, uno de verano (**fig. 77**) y otro de invierno (**fig. 78**). La diferencia entre los dos recae en los parrones y patio interior, que se modelan en el verano añadiendo bloques que simulan la sombra de la vegetación.

Los muros, entramados de piso y entramado de cielo se modelan de acuerdo al sistema constructivo expuesto anteriormente, utilizando celulosa proyectada como aislante principal y una capa delgada de corcho aglomerado para cubrir los puentes térmicos causados por los componentes de madera. Los valores de resistencia térmica (R) de cada material se ingresan al modelo según la normativa chilena NCh853, y los consecuentes valores de transmitancia térmica (U) de los distintos paquetes constructivos se detallan a la derecha (**fig. 74-76**). Las ventanas se componen de doble vidriado 3mm de baja emisividad ($e2=4$) con una cámara de aire interior de 13 mm, alcanzando un valor $U=2,061 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Con estas características, se realiza una simulación anual del desempeño de la vivienda en sus dos condiciones posibles: con vegetación (condición en el verano) y sin vegetación (condición en el invierno). Se establece un rango de temperatura de confort a mantener entre los 20 y 25°C¹, y un régimen de ocupación de 7-9am y 6-10pm en días de semana y de 8am-10 pm los fines de semana. Para la condición verano se considera una ventilación diaria de 10 ach.

Los resultados para las ganancias solares y la demanda energética anual de ambos casos se observan en la **figura 79**.



¹ Según el Tomo II de Estándares de Construcción sustentable del MINVU

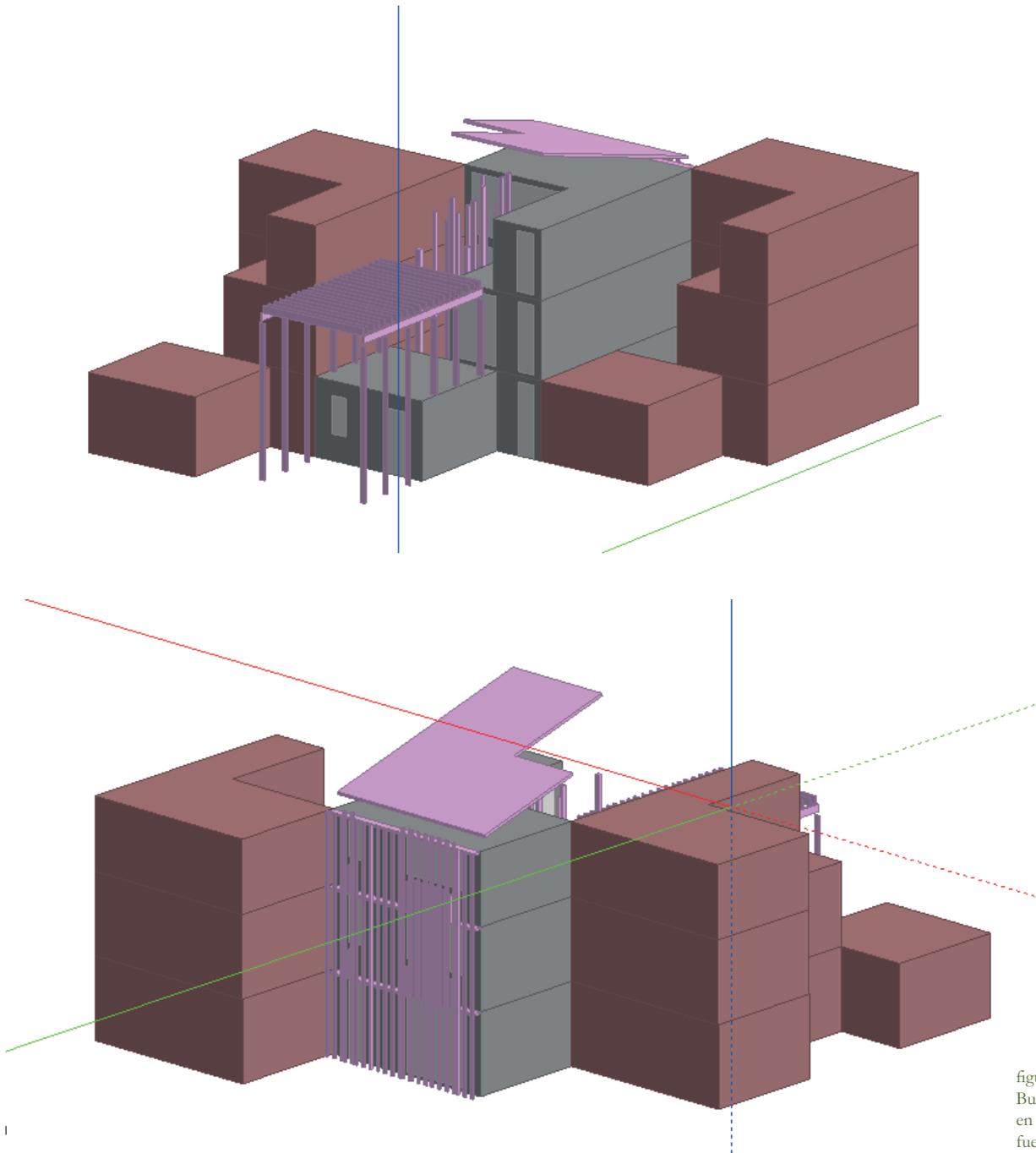


figura 77: modelo Design-Builder vivirnda periurbana en verano
fuente: elaboración propia

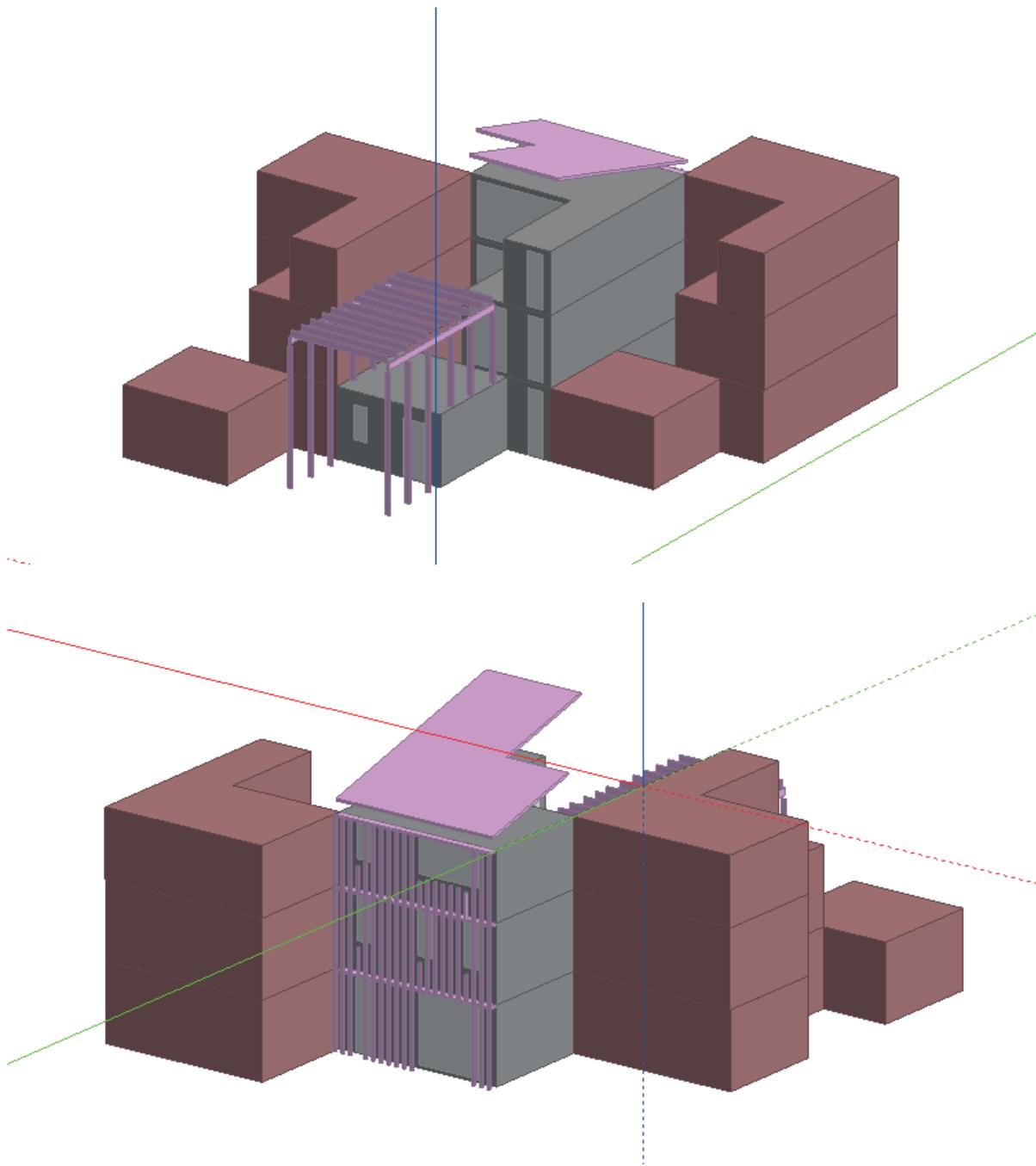


figura 78: modelo Design-Builder vivirnda periurbana en invierno
fuente: elaboración propia

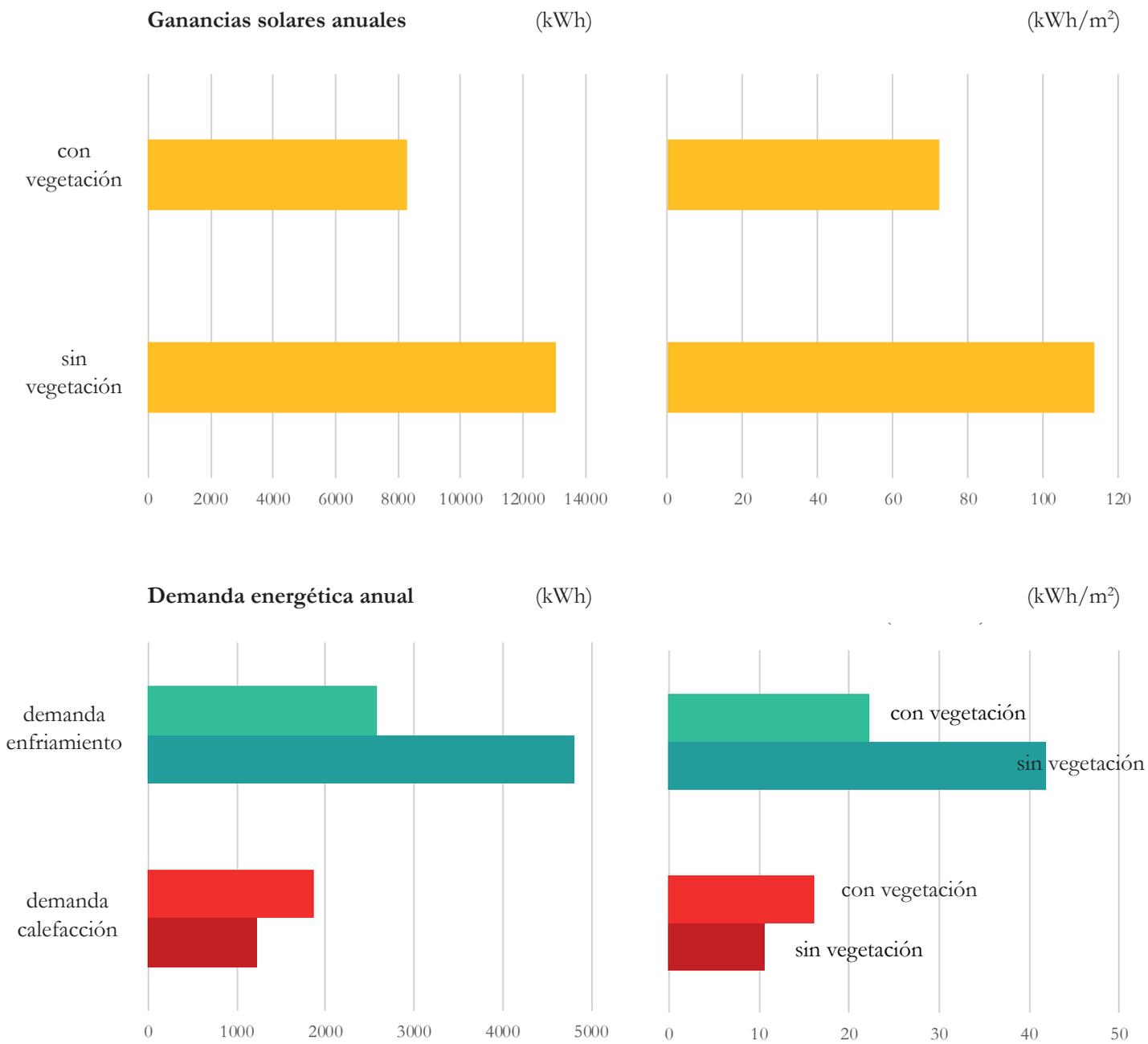


figura 79: resultados simulación anual en DesignBuilder
fuente: elaboración propia

Las ganancias solares son un indicador de la incidencia de la luz solar en la vivienda. Sabiendo que hay una baja en las ganancias solares podemos considerar que los elementos modelados como vegetación efectivamente están simulando la función de cobertura de y generación de sombra de los parrones y patios de la vivienda. Teniendo esto en cuenta podemos pasar a analizar los resultados de las demandas en ambos casos.

Observamos que, en general, la demanda de enfriamiento es bastante mayor a la de calefacción. Esto nos indica que la aislación de la vivienda tiene un buen funcionamiento a la hora de conservar el calor, y que el ingreso de calor a través de las ganancias solares de las ventanas es un aspecto fundamental en el balance térmico del edificio.

Así, en la **condición con vegetación**, la **demanda de enfriamiento** de la vivienda periurbana se reduce en 2.245 kWh al año. Por lo tanto, si la vegetación de los parrones se mantiene de manera correcta, especialmente en el parrón vertical de la fachada norte, esta puede funcionar efectivamente como un método de reducción de ganancias solares. Es importante recordar que, como mencionamos en capítulos anteriores, la vegetación también es capaz de enfriar el aire que pasa a través de la misma mediante el proceso de evapotranspiración, sin embargo aún es muy difícil simular esta capacidad de manera confiable. Este aspecto podría reducir aún más la demanda de enfriamiento. Por otro lado, la **demanda anual de calefacción** es menor en la **condición sin vegetación** (-641 kWh), ya que la ausencia de la misma permite maximizar las ganancias solares.

Entonces, si consideramos que las protecciones vegetales de la vivienda periurbana funcionan correctamente, podemos establecer que la demanda energética anual será la suma de la demanda de calefacción sin vegetación (11 kW/m^2) + la demanda de enfriamiento con vegetación (22 kW/m^2), alcanzando **32,9 kWh/m² al año**.

Sin embargo, debemos recordar que el techo de la vivienda periurbana puede albergar hasta 16 paneles fotovoltaicos, que pueden contribuir a cubrir la demanda de electricidad para mantener el confort en verano si es que los usuarios optan por instalar un sistema activo de enfriamiento.

Si instalamos 10 paneles, el arreglo fotovoltaico del techo alcanza una capacidad de 2,75 kW. Ingresando los mismos parámetros que en la sección 3.3.2 al explorador solar, obtenemos que la vivienda alcanza una generación fotovoltaica anual de 4.351 kWh, suficientes para cubrir casi el 100% de la demanda de iluminación y electrodomésticos (2.036,8 kWh año) más la demanda de enfriamiento (2.479 kWh año) estimadas.

Considerando lo anterior la demanda total anual de la vivienda periurbana podría llegar a ser de 1.386 kWh, o **12 kWh/m²**. De esta forma, la vivienda periurbana alcanzaría una demanda energética que le permite obtener la clasificación Passive House (Passive House Institute, 2015).

IV

Conclusiones

El objetivo manifestado al inicio de esta tesis fue la concepción de una nueva forma de habitar el espacio periurbano, planteando la unidad de la vivienda como herramienta para la reconfiguración y conservación de un territorio intermedio. Se propuso un enfoque de desarrollo proyectual según el bajo impacto ecológico, entendiendo los impactos medioambientales que tienen las distintas escalas de una intervención arquitectónica, desde lo territorial-urbano hasta la vivienda. A través de esta concepción se planteó entender el problema de la sustentabilidad en arquitectura desde una perspectiva holística, en que decisiones a pequeña escala pueden tener impactos a nivel de ecosistema y viceversa.

La investigación se basó en un estudio del paradigma habitacional periurbano actual, tanto en términos legislativos como urbanos-arquitectónicos, publicitarios y perceptivos. Este levantamiento se contrastó con las características del habitar rural, sus cualidades arquitectónicas y sus funciones a nivel de ecosistema.

En esta etapa se encontró que los conjuntos de inmobiliaria existentes tienen una densidad promedio de 22 viviendas/ha y una proporción de áreas verdes de 4%, en contraste con las 2 viviendas/ha y 95% de áreas verdes de las tipologías rurales tradicionales. Las viviendas periurbanas existentes van entre los 50 y 140 m² y son usadas generalmente por familias jóvenes de clase media, atraídos por un imaginario bucólico y de tranquilidad.

Respecto a los servicios ecosistémicos del territorio rural, se reveló que los suelos de Buin son mayoritariamente agrícolas con aptitudes excepcionales para la absorción y filtración del agua, el ciclado de nutrientes, y que son un gran sumidero de carbono. Además, la topografía circundante puede potenciar una relación afectiva y de pertenencia entre humano y

naturaleza. Estos descubrimientos informaron las estrategias para minimizar el impacto ambiental del conjunto residencial periurbano, y para que el mismo fomente la responsabilidad medioambiental en sus usuarios.

La propuesta de vivienda periurbana se inserta dentro de un marco normativo y oferta económica reales, planteándose como una opción viable de densificación. De acuerdo a los hallazgos descritos anteriormente, se propone utilizar la misma densidad de viviendas por hectárea de los conjuntos inmobiliarios actuales, mientras se aplica un porcentaje de áreas verdes similar al de las tipologías rurales. De esta forma se maneja la vivabilidad económica del proyecto mejorando ampliamente las características ecológicas, sensoriales y espaciales del conjunto respecto a sus contrapartes existentes. Para reducir el impacto ecológico del conjunto y conservar el funcionamiento de los ciclos naturales del territorio, el conjunto se inserta dentro de la matriz existente de cultivos y canales de regadío, se mantienen franjas de suelo fértil a manera de huertos, se utilizan apoyos mínimos para evitar la liberación del carbono almacenado en el suelo y se utiliza la vegetación como método de potenciamiento de los servicios ecosistémicos del lugar.

La vivienda periurbana soporta un habitar estrechamente relacionado con el territorio, donde este se entiende como parte de la casa. Esta conexión se configura a partir del patio como elemento intermedio primordial. Los patios permiten jugar, descansar, observar, comer e incluso trabajar. Los espacios recreativos promueven un habitar comunitario, fortaleciendo también las relaciones entre vecinos. La vivienda también cuenta con sistemas de eficiencia energética que se valen de recursos renovables, reduciendo los consumos eléctricos y de agua a escala habitacional y al mismo tiempo reduciendo los efectos negativos a escala medioambiental.

Así, el proyecto pretende aliviar presiones reales que afectan la calidad de vida de los habitantes contemporáneos del espacio periurbano, así como generar un nuevo paradigma

ma habitacional para este territorio, sustentable en todas sus dimensiones.

Como complemento a este trabajo, se podrían realizar investigaciones que profundicen en el marco legislativo territorial actual de los lugares intermedios, así como estudios que midan detalladamente los efectos, funciones y beneficios que tienen los territorios periurbanos sobre el ecosistema. Esto ya que, si bien el modelo de vivienda periurbana abarca distintas escalas, es necesaria también una colaboración interdisciplinaria para reimaginar las ciudades y el habitar de una forma sustentable y responsable.

Podemos avanzar a proyectar los espacios periurbanos agrícolas como activos y habitables, paisaje articulados capaces proveer hogares, alimentos y oportunidades laborales, y de promover la biodiversidad y la consciencia sobre el medioambiente.





referencias

- Allen, A. (2003). La interfase periurbana como escenario de cambio y acción hacia la sustentabilidad del desarrollo. *Cuadernos del Cendes*, 20(53), 7-21. Recuperado el 23/09/19, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-25082003000200002&lng=es&tlng=es.
- Allen, L. (2015) Manual de Diseño de Manejo de Aguas Grises para Riego. California, EEUU: Greywater Action.
- AGROMET (2019), Reportes históricos estación climática Buin. Recuperado el 5/10/2019 de <https://www.agromet.cl/reportes-historicos>
- Bachelard, G., (1957). *La poétique de l'espace*.
- Buber Martín. (1995). *Yo y Tú*. Madrid: Caparrós.
- Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social. Santiago, Chile: Gobierno de Chile, Comisión Nacional de Energía.
- CEI-BOIS (2006). *Tackle Climate Change, use Wood*.
- CEPAL. (2007). *Cohesión social. Inclusión y sentido de pertenencia en América Latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/27814/2006-932-Cohesion%20social-Sintesis.pdf>
- CIREN (1983). *Matriz de suelos: descripción general, funciones, procesos y actividades/ Centro de Información de Recursos Naturales. Colección CORFO*.
- CIREN (2019). *DEM Alos Palsar Región Metropolitana* Recuperado de <http://www.ide.cl/descarga/capas/category/modelo-digital-de-elevacion-dem.html>
- Crawford, R. (2011). *Life cycle assessment in the built environment*. Londres: Spon Press.
- Cáceres, C. (2015). Expansión residencial en comunas periurbanas de Santiago de Chile: organización territorial y nuevas lógicas de generación de centralidades urbanas en el Santiago periurbano. *Revista Diseño Urbano & Paisaje - DU&P* (30), 18-24.
- De Mattos, C., Fuentes, L., & Link, F. (2014). Tendencias recientes del crecimiento metropolitano en Santiago de Chile. ¿Hacia una nueva geografía urbana?. *Revista INVI*, 29(81), 193-219
- D'Alençon R., Justiniano C., Márquez F., Valderrama C. (2008) *Parámetros y estándares de habitabilidad: calidad en la vivienda, el entorno inmediato y el conjunto habitacional. Camino al Bicentenario, Propuestas para Chile: 227-270*. Santiago de Chile.
- Echeñique, M. (1995) *Entender la Ciudad*. *Revista EURE* (64), 9-23.
- Fernández, G.; Salcedo, R. & Torres, A. (2004). De la publicidad inmobiliaria a la vivencia cotidiana: Aspectos que permiten entender la evolución de las expectativas residenciales. En G. Cáceres & F. Sabatini (Eds.), *Barrios cerrados en Santiago de Chile: Entre la exclusión y la integración residencial* (pp. 113-145). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile/ Lincoln Institute of Land Policy.
- Frick, J. (2007). Efectos ambientales en los suelos del sector poniente de Santiago como consecuencia del proceso de expansión urbanas: comunas de Maipú y Pudahuel. *Repositorio Universidad de Chile*.
- From Jackson et al. 2008. *Environmental Research Letters*.3: article 0440066
- Fuentes, L., & Pezoa, M. (2018). Nuevas geografías urbanas en Santiago de Chile 1992 - 2012. Entre la explosión y la implosión de lo metropolitano. *Revista De Geografía Norte Grande*, (70), 131-151.

- Gates, D.M. (1980). *Biophysical Ecology*. Dover Publications, Inc. Mineola, New York
- Gana, S.(2019) Revalorización del ciclo del agua en el Parque O'Higgins. Sistema para la purificación, reutilización y puesta en valor del agua en el espacio público a través del proyecto arquitectónico. Santiago, Chile.
- Gil, L. (2016) Lugares intermedios: la filosofía del umbral en la arquitectura del Team X.
- Hernández Aja, A. (2009) Calidad de Vida y Medioambiente Urbano. Indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Revista Invi* (69)
- Hill, C., Norton, A., & Dibdiakova, J. (2018). A comparison of the environmental impacts of different categories of insulation materials. *Energy and Buildings*, 162, 12-20.
- Horton, J., Hadfield-Hill, S., & Kraftl, P. (2015). Children living with 'sustainable' urban architectures. *Environment and Planning A*, 47(4), 903-921.
- Iaquinta, D., & Drescher, A. W. (2000). Defining Peri-Urban: Understanding Rural-Urban Linkages and Their Connection to Institutional Contexts. The Tenth World Congress of the International Rural Sociology Association, Rio de Janeiro, Agosto 2000.
- IDE-Infraestructura de Datos Geoespaciales (2019)
- Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological applications*, 10(2), 423-436.
- Johnson, D.L., S.H. Ambrose, T.J. Bassett, M.L. Bowen, D.E. Crumme, J.S. Isaacson, D.N. Johnson, P. Lamb, M. Saul, & A.E. Winter-Nelson. (1997). Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality* 26: 581–589.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005) *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Washington DC: Island Press.
- MINVU (2018) *Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo II: Energía*. Maval, Santiago de Chile.
- MINVU (2018) *Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas, Tomo V: Impacto Ambiental*. Maval, Santiago de Chile.
- Ministerio de Energía (2019) *Reporte de generación fotovoltaica Explorador Solar*
- Nieves, R., David, J., & Velandia Torres, A. C. (2015). *Propuesta Sostenible De Aislamiento Térmico Y Acústico A Partir De Celulosa* (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Civil).
- O'Ryan, R. & Larraguibel, L. (2000). *Contaminación del aire en Santiago: Estado actual y soluciones*. Documentos de Trabajo 75, Centro de Economía Aplicada, Universidad de Chile.
- Olson, K. R. (2013). Soil organic carbon sequestration, storage, retention and loss in US croplands: issues paper for protocol development. *Geoderma*, 195, 201-206.
- Petermann, A. ¿Quién extendió Santiago? Una breve historia del límite urbano, 1953-1994. En: Galetovic,

A., & Jordan, P. (ed). Santiago dónde estamos? y hacia dónde vamos? (2006). Santiago: Centro de Estudios Públicos, p. 205-230

PLADECO Buin (2017). Recuperado de [datos.cedeus.cl › documents › download](https://datos.cedeus.cl/documents/download)

Platzer M, L., Iñiguez C, R., Cevo E, J. & Ayala R, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2), 122-128.

Price, J. (2010). *Green facade energetics* (Doctoral dissertation).

Reyes, F., & Torres, A. (2002). Efecto de las fibras plásticas en la flexión de estructuras de pavimentos drenantes. *Ingeniería de construcción*, Vol XVII, pp 93–102

Romero, H., & Sarricolea, P. (2006). Patrones y factores de crecimiento espacial de la ciudad de Santiago de Chile y sus efectos en la generación de islas de calor urbanas de superficie. *Clima, Sociedad y Medio Ambiente*. Zaragoza: Publicaciones de la Asociación Española de Climatología (Serie A N° 5), 827-837.

RUPRI (1998). “Defining ‘Rural’: Definitions of Rural Areas in the U.S.”, in *Rural Policy*

Silva, S. Sabino, M. Fernandes, E. Correlo, V. Boesel, L. Reis, R. (2008) Corcho: propiedades, capacidades y aplicaciones. *Int Mater Rev* 53:256.

Silvestre, J., Pargana, N., de Brito, J., Pinheiro, M., & Durão, V. (2016). Insulation cork boards—Environmental life cycle assessment of an organic construction

material. *Materials*, 9(5), 394.

Sarricolea 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

Sarricolea, P. & Martín, J. (2012). La isla de calor urbana de superficie y sus factores condicionantes: El caso del área metropolitana de Santiago. *Universitat de Barcelona. Departament De Geografia Física I Anàlisi Geogràfica Regional*.

Sierra, A. (2018) *El Ciclo de la Madera en la Construcción*. Madera 21, CORMA.

SIT CONAF (2014) Información estadística Región Metropolitana. Recuperado de <https://sit.conaf.cl/>.

Sommariva, E. (2016) *Cultivar Ciudades*. Delineación de una utopía de mejores entornos urbanos, autosuficientes y resilientes. En Sordi, J. (2016). *Ecologías emergentes: conceptos y visiones más allá del urbanismo*. Santiago, Chile: Editorial SaCabana.

Taconi, C. (1998). *Rural-urban Interactions: A Guide to the Literature*. *Environment and Urbanization*, 10(1). The Environmental Literacy Council (2015) *Biogeochemical Cycles*. Washington, DC.

Trivelli, P. (1981). Reflexiones en torno a la Política Nacional de Desarrollo Urbano. *Revista EURE-Revista de Estudios Urbano Regionales*, 8(22).

Tuan, Y. F. (1974). *Topophilia: A study of environmental perceptions, attitudes, and values*. Columbia University Press.

Yory, C. (2003). *Topofilia, ciudad y territorio. Una estrategia pedagógica de desarrollo urbano participativo, con dimensión sustentable, para las grandes metrópolis de América Latina en el contexto de la globalización*.

anexos

anexo 1: fotos del estado actual de algunos conjuntos periurbanos y su entorno









anexo 2: Modelo de entrevista para vecinos de conjuntos habitacionales de inmobiliaria en Buin

NOMBRE _____

EDAD:

6. Enumere los 3 atributos más importantes:

LUGAR _____

__ áreas verdes

1. Qué es lo que más le gusta de vivir aquí?

__ seguridad

2. Se cumplieron las expectativas que tenía?

__ conectividad (acceso a transporte público)

__ cercanía colegios

3. En qué comuna vivía antes?

__ sustentabilidad

__ cercanía supermercados

4. En qué comuna trabaja?

__ equipamiento deportivo

__ puntos de reciclaje

__ otro: _____

5. Qué medio de transporte usa para llegar?

7. Comentarios:

anexo 3: Datos estación climática Buin,
Red Agroclimática Nacional

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
T° max mensual (°C)	33,2	32,1	31	27,2	25,5	25,3	23,2	26	28	27	31	31,2
T° media mensual (°C)	19,7	19,5	17,6	14,2	11,4	7,9	7,8	9,7	12,4	14	18,6	20,2
T° min mensual (°C)	9	8,1	4,6	2,5	-3	-5	-6	-7	2,3	2,5	4,5	7
Humedad relativa promedio (%)	67,8	69,1	62,4	72,6	70,2	76,1	70,7	68,9	67,8	66,2	63,3	66,3
Precipitación (mm)	2	3	45	15	142	173	168	87	62	45	12	8

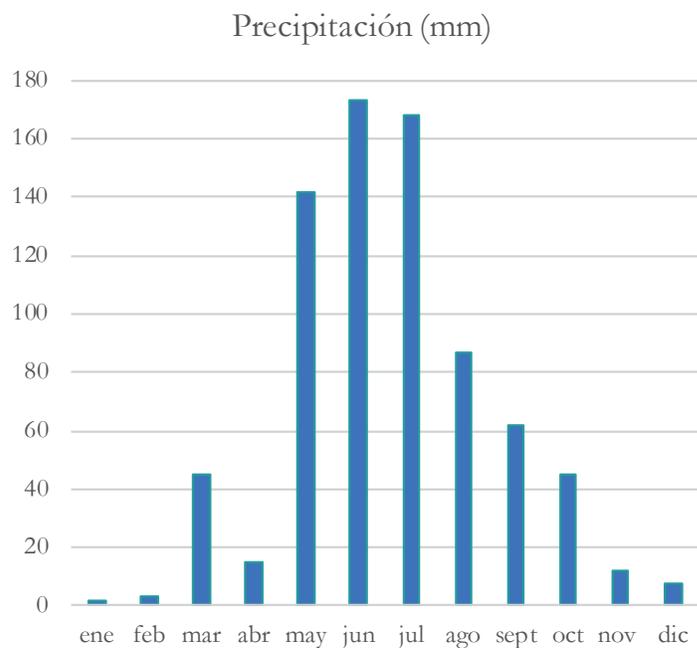




Figura 1: Mapas del sitio seleccionado

2.1 Sombras topográficas

Se ha utilizado una base de datos de altura del terreno de 90 [m] de resolución y se ha considerado la topografía dentro de un radio de 180 [km] desde el sitio seleccionado para obtener las sombras proyectadas por los obstáculos topográficos en el entorno del sitio. Este análisis NO considera el impacto de otro tipo de obstáculos como por ejemplo edificios, árboles, cables, etc.

Tabla 2: Frecuencia de sombras.

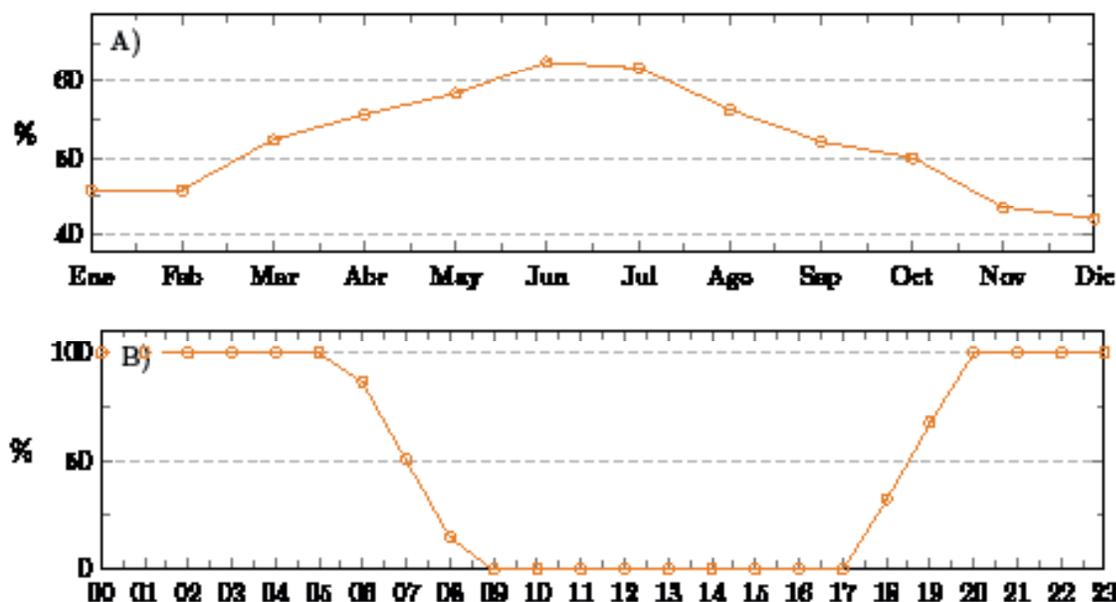
Men	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
%	45.83	45.83	52.3	55.63	58.33	62.47	61.71	56.2	52.07	50.0	43.48	42.04

(a) Porcentaje de tiempo con sombras cada mes en horario diurno.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
%	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.55	80.89	15.05	0.0	0.0	0.0

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	32.25	68.08	100.0	100.0	100.0	100.0

(b) Porcentaje del día con sombras en cada hora.



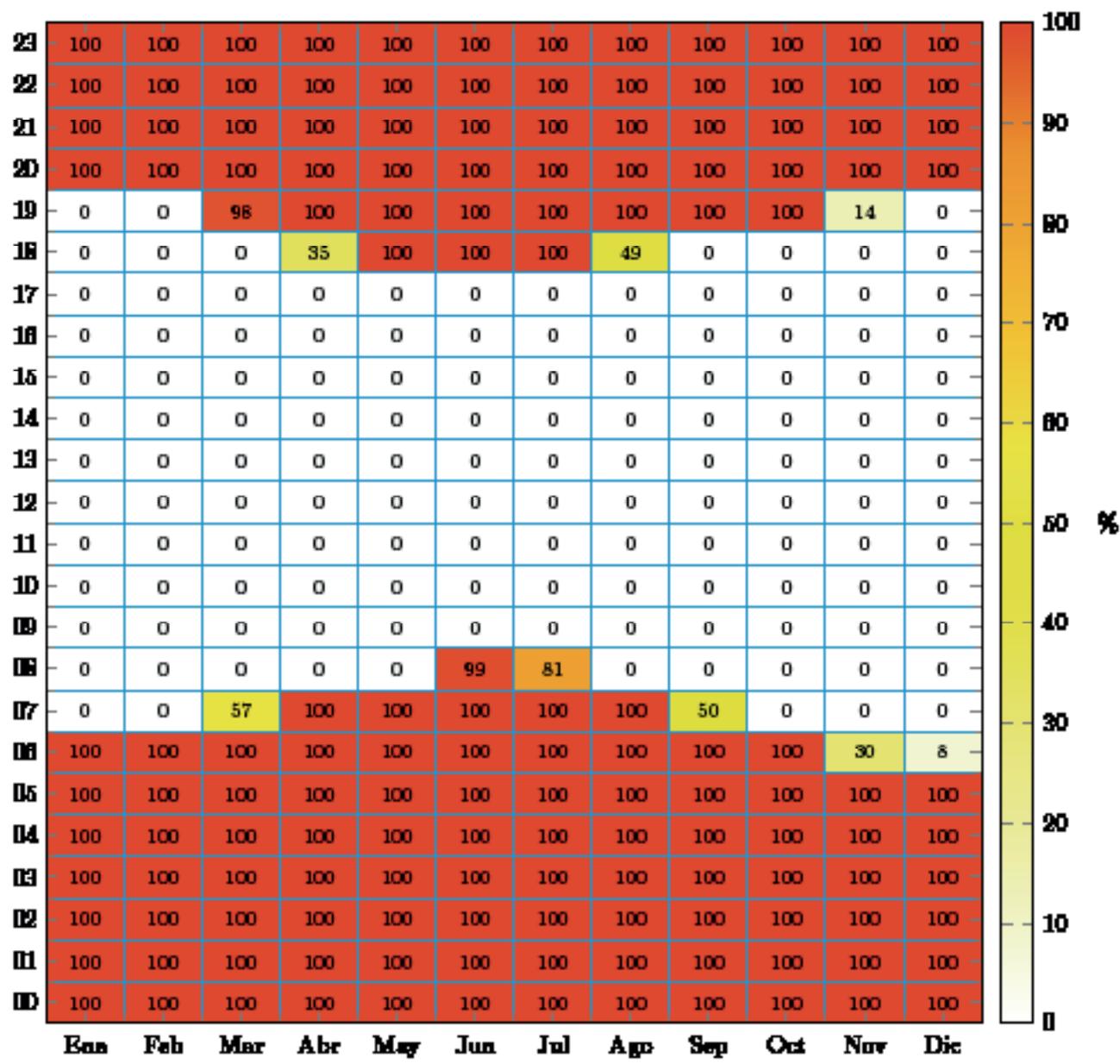


Figura 3: Porcentaje de la hora con sombras durante cada mes.

3 Generación Fotovoltaica

3.1 Características del arreglo fotovoltaico

Las características del sistema ingresadas por el usuario para la simulación de la generación fotovoltaica y los resultados se presentan en esta sección.

Tabla 3: Características del sistema fotovoltaico

Configuración	Fijo Inclinado
Montaje	roof mount call glassback
Inclinación	16°
Asimnt	-10°
Coef. Temperatura	-0.42 %/°C
EF. Inversor	96.0 %
Pérdidas	14 %

3.2 Resultados de la generación eléctrica fotovoltaica

Tabla 4: Resultados de la generación fotovoltaica

Capacidad Instalada	3.3 kW
Total Diario	14.0 kWh
Total Anual	4.99 MWh
Factor de Planta	17.0 %

Tabla 5: Ciclo anual de la generación fotovoltaica.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kWh	687.62	498.63	484.84	383.98	278.48	238.69	267.21	300.87	366.24	474.11	634.88	691.6

(a) Promedio de la generación total en cada mes.

Tabla 6: Ciclo diario de la generación fotovoltaica.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01	0.09	0.43	0.93	1.31	1.69
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	1.77	1.83	1.78	1.66	1.28	0.81	0.29	0.04	0.0	0.0	0.0	0.0

(a) Promedio de la generación para cada hora.

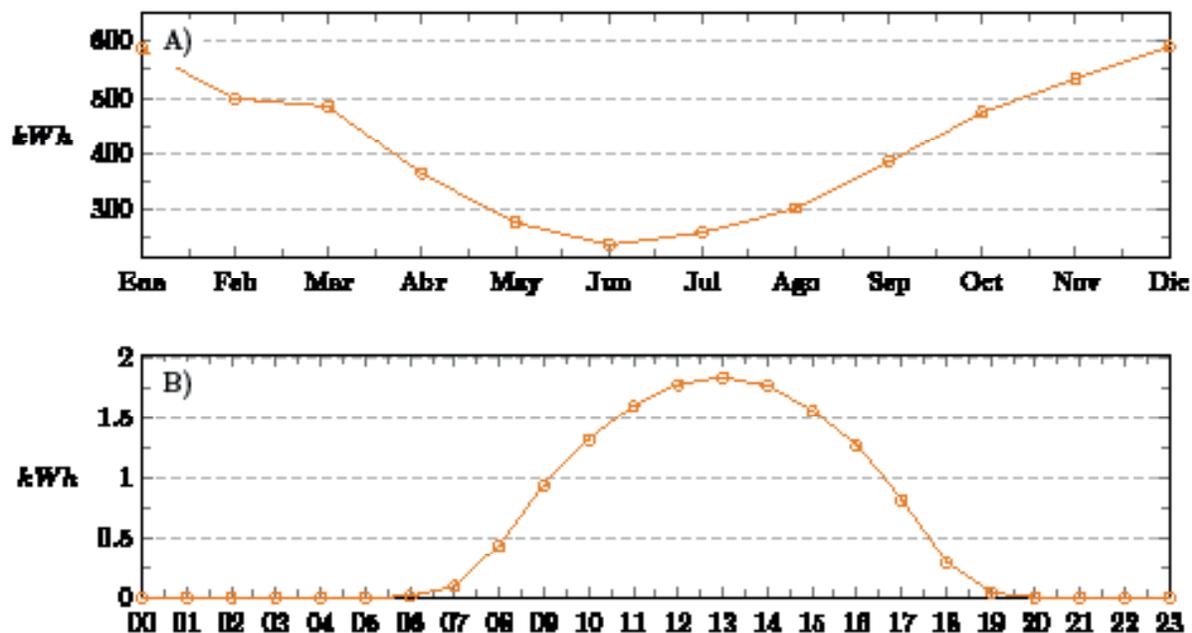


Figura 4: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación

Tabla 7: Total anual de la generación para cada año en la base de datos.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MWh	4.93	4.77	4.89	5.04	5.02	4.88	5.32	5.32	5.05	5.09	4.96	4.87	4.71

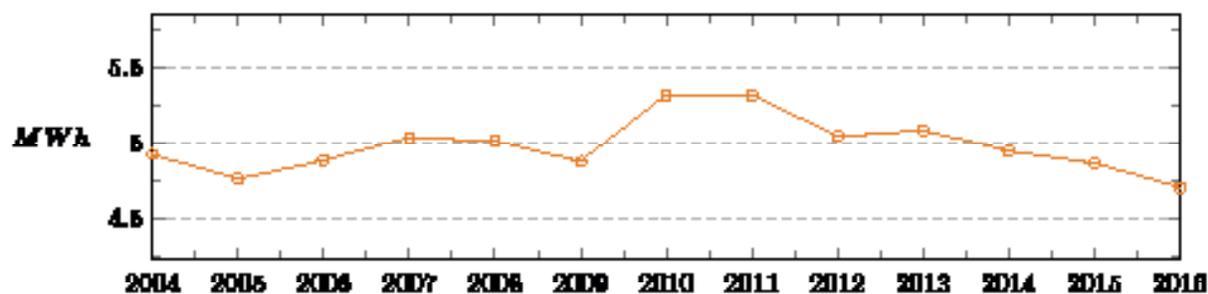


Figura 8: Variación interanual de la generación fotovoltaica.

3.5 Radiación

Las siguientes tablas y gráficos muestran los promedios de la radiación global, directa y difusa incidente sobre un plano horizontal y sobre un plano orientado hacia el norte, con una inclinación igual a la latitud del sitio.

3.3.1 Insolación mensual

Tabla 8: Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de $[kWh/m^2/día]$.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	7.47	6.81	5.27	3.48	2.05	1.7	1.81	2.35	3.62	4.8	6.51	7.41
Difusa	1.12	1.06	0.92	0.84	0.8	0.87	0.74	0.92	1.14	1.39	1.31	1.25
Global	8.59	7.86	6.19	4.3	2.85	2.57	2.55	3.27	4.76	6.19	7.82	8.66

(a) Radiación incidente en el plano horizontal

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Directa	6.66	6.47	6.15	4.93	3.52	3.21	3.26	3.58	4.52	4.98	5.83	6.18
Difusa	1.02	0.96	0.84	0.77	0.73	0.82	0.68	0.84	1.05	1.27	1.2	1.14
Suelo	0.18	0.16	0.13	0.09	0.06	0.06	0.06	0.07	0.1	0.13	0.16	0.18
Global	7.86	7.59	7.12	5.79	4.31	3.88	3.99	4.49	5.67	6.38	7.19	7.5

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

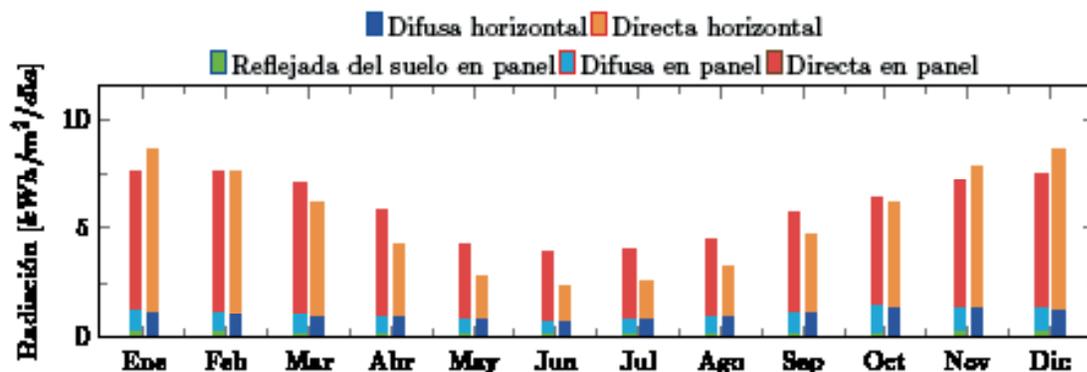


Figura 8: Promedio mensual de la insolación diaria incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada del suelo.

3.3.2 Ciclo diario de radiación

Tabla 8: Promedio horario de la radiación incidente en unidades de $[W/m^2]$.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.18	49.01	149.28	290.51	417.34	521.48
Difusa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.83	22.61	51.04	77.96	97.87	111.24
Global	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.01	71.62	200.32	368.46	515.01	632.7

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Directa	588.99	606.72	572.44	484.47	376.12	232.99	97.32	19.07	0.0	0.0	0.0	0.0
Difusa	120.35	121.17	115.97	103.2	84.26	60.6	31.09	10.49	0.0	0.0	0.0	0.0
Global	709.34	727.89	688.41	587.67	460.38	293.49	128.41	29.56	0.0	0.0	0.0	0.0

(a) Radiación incidente en el plano horizontal.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Directa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.49	147.58	330.04	472.32	597.8
Difusa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.42	20.68	48.68	71.29	89.32	101.73
Suelo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.18	1.47	4.11	7.58	10.57	12.98
Global	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	39.64	198.35	408.90	572.21	712.51

Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Directa	680.88	702.18	661.49	554.32	428.59	258.29	88.32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Difusa	110.08	110.81	108.08	94.38	77.08	58.33	28.44	9.59	0.0	0.0	0.0	0.0
Suelo	14.55	14.93	14.12	12.08	9.42	6.02	2.83	0.81	0.0	0.0	0.0	0.0
Global	805.49	827.92	781.67	660.78	515.07	317.64	97.39	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

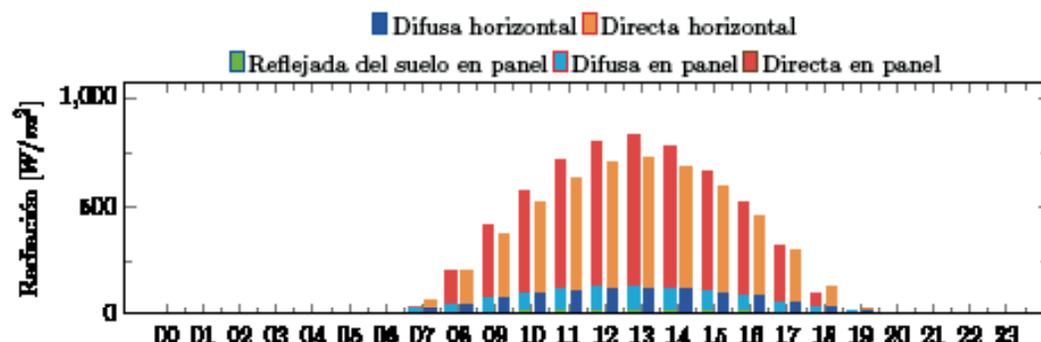


Figura 7: Promedio horario de la radiación global instantánea incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado, separada en sus componentes directa, difusa y reflejada en el suelo.

Tabla 10: Promedio anual de la insulación directa en unidades de $[kWh/m^2/año]$.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Directa	4.33	4.18	4.36	4.49	4.5	4.28	4.78	4.78	4.49	4.5	4.37	4.22	4.03
Difusa	1.04	1.07	0.99	1.0	0.98	1.01	0.94	0.94	1.0	1.0	1.02	1.06	1.09
Global	5.37	5.25	5.35	5.49	5.48	5.29	5.72	5.72	5.49	5.5	5.39	5.28	5.12

(a) Radiación incidente en el plano horizontal.

Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Directa	4.81	4.55	4.8	4.96	4.98	4.78	5.45	5.42	4.99	5.08	4.87	4.72	4.49
Difusa	0.95	0.98	0.91	0.92	0.9	0.93	0.86	0.86	0.92	0.91	0.93	0.97	1.0
Suelo	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Global	5.87	5.64	5.82	5.99	5.99	5.82	6.43	6.4	6.02	6.1	5.91	5.8	5.6

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

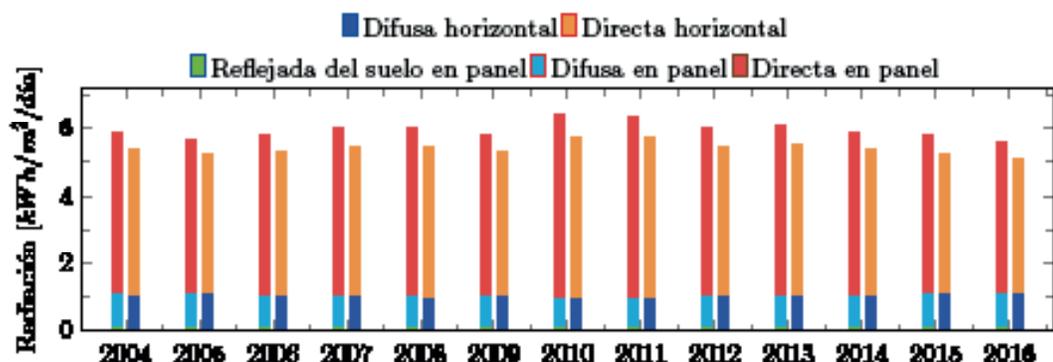


Figura 8: Promedio anual de la insulación directa incidente en un plano horizontal y en un plano inclinado para cada año de simulación.

3.3.4 Ciclo diario-anual

Los siguientes gráficos muestran el ciclo diario y el ciclo anual de la radiación solar incidente. El eje horizontal indica la hora del día (UTC-4) y el eje vertical indica el mes del año. La escala de colores indica el valor medio de la radiación instantánea incidente en el panel en $[W/m^2]$ para cada hora y mes.

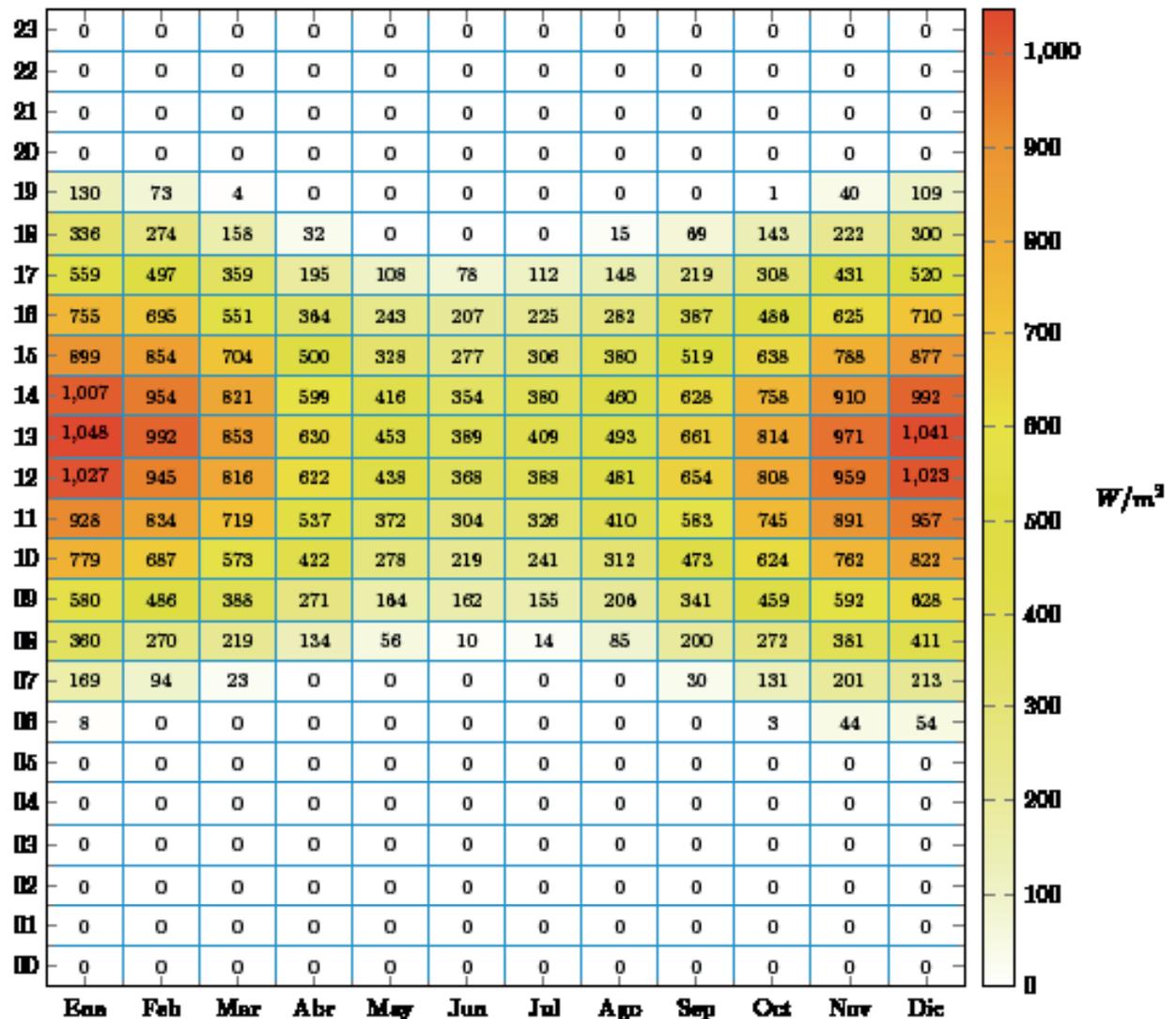


Figura 8: Promedio de la radiación global horizontal para cada hora y mes.

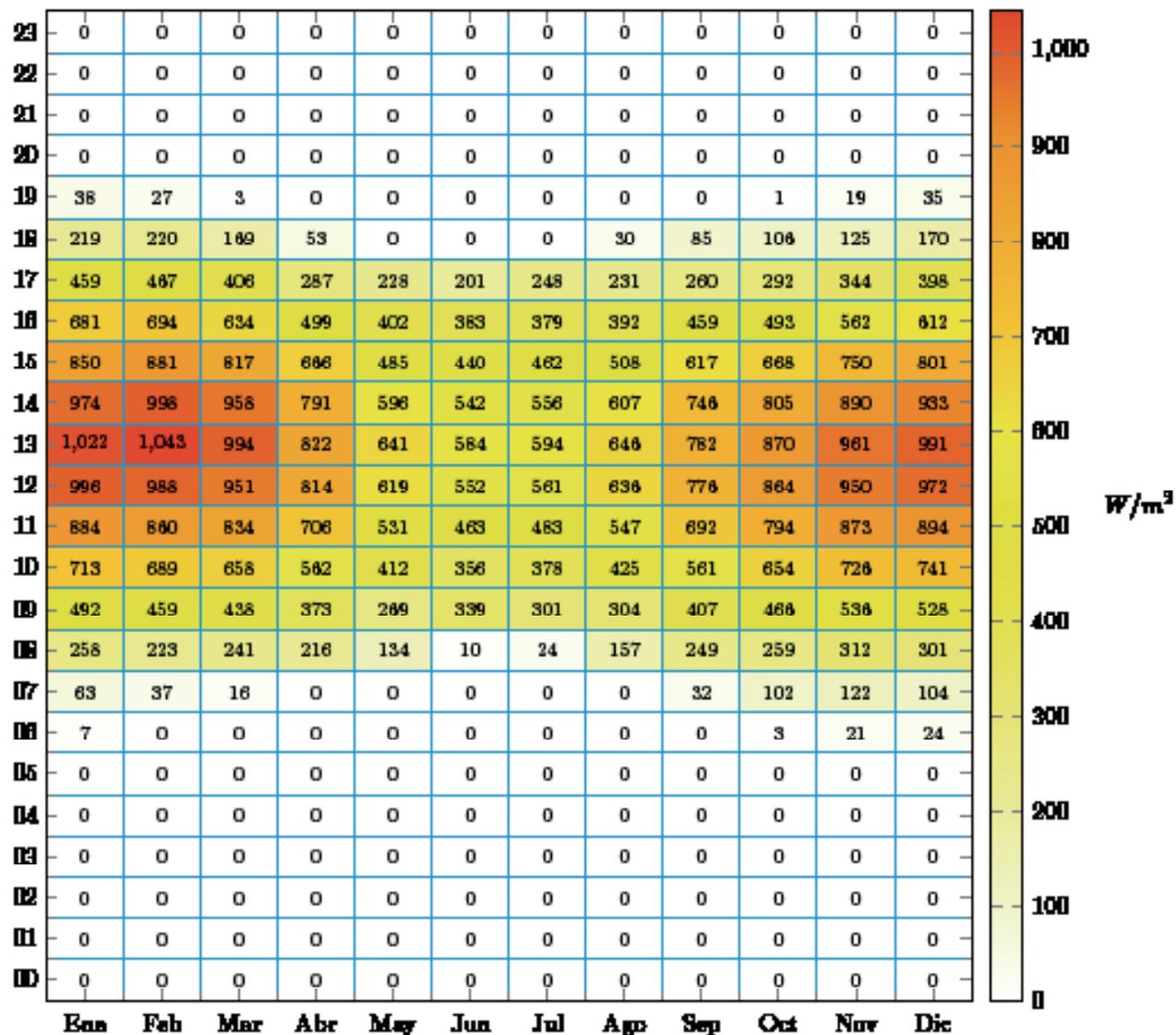


Figura 1b: Promedio de la radiación global incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio, para cada hora y mes.

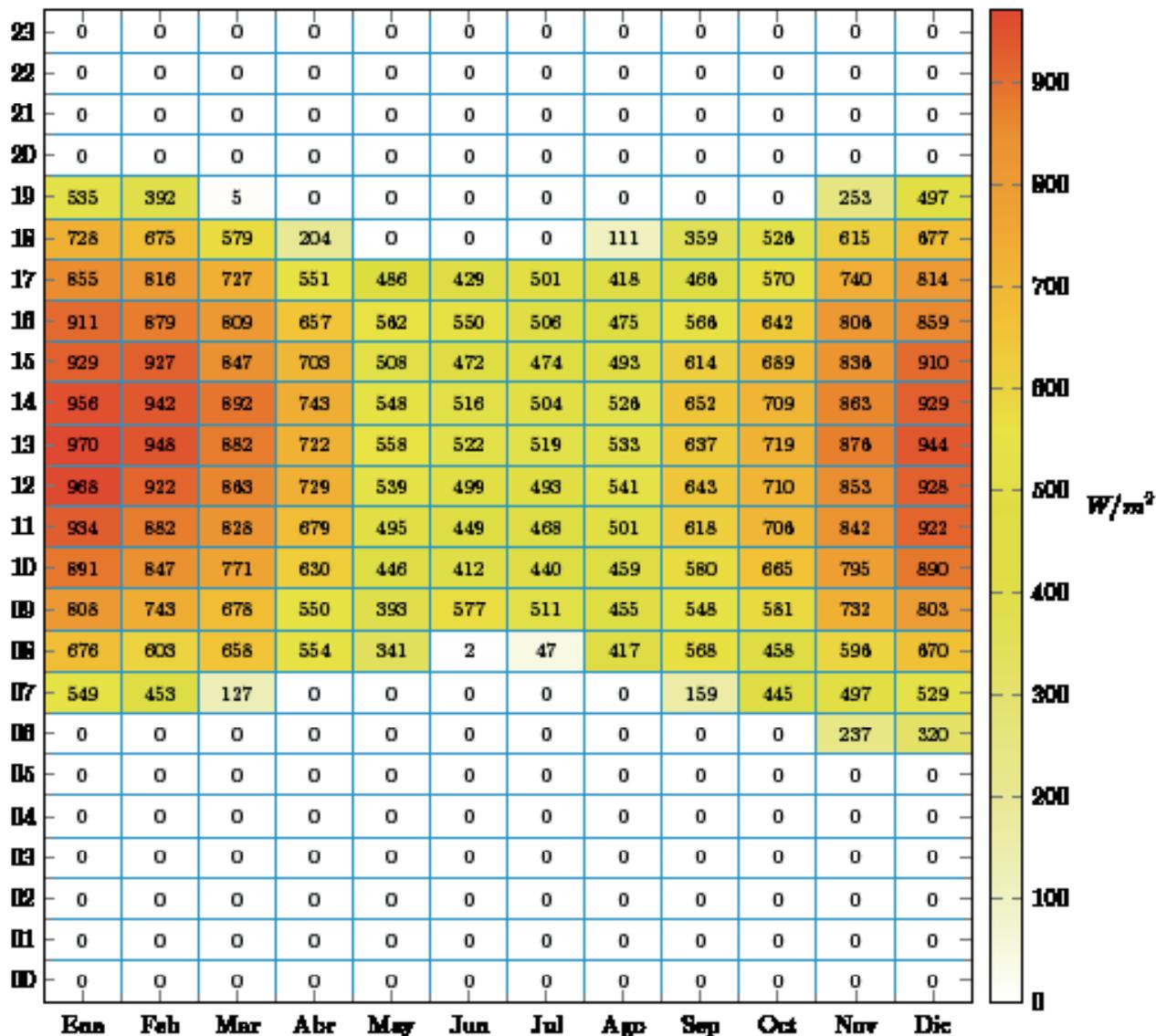
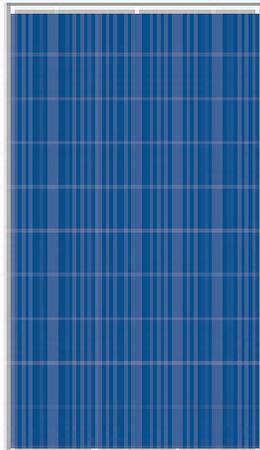


Figura 11: Promedio de la radiación directa normal para cada hora y mes.

Polycrystalline

**KYL
60 CELL
SERIES**



19.2%
CELL EFFICIENCY

KYL-35WP
KYL-35SP
KYL-35MP
KYL-35FP
KYL-37WP
KYL-37FP



PROVEN QUALITY IN A NEW DIMENSION



Durability

Standard PV modules. Independently certified for harsh-environmental conditions with a superior 10 and 20+ year warranty based on P10 and P20.



Advanced Glass

Our high-transmittance glass features a unique anti-reflective coating that allows more light to hit your solar cells, resulting in higher energy yield.



Optimized Wire

Our large-format modules feature long-pitch-level wire and unique through-cell wire technology and innovative layout.



100% Recycled

Tested in accordance to the strict standard IEC 61215, our PV modules have demonstrated resistance against PID-Potential Induced Degradation, which is critical to ensure the performance.

anexo 6: Breve guía de uso de sistema de reciclado de aguas grises para riego exterior.

Extraído de Allen, L. (2015) *Manual de Diseño de Manejo de Aguas Grises para Riego*

¿Qué son las aguas grises?

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residual es que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las plantas. En algunos lugares, el agua de la tarja de la cocina es considerada aguas grises, mientras que en otros lugares es clasificada como “aguas negras” lo mismo que el agua del inodoro. El agua proveniente del inodoro, así como el agua del lavado de pañales, no debe ser considerada aguas grises. Tampoco reutilices agua de ningún lavabo que reciba productos químicos ni de casas que usan descalcificador de agua a base de sodio.

Las aguas grises (tratadas o no tratadas) no son lo mismo que el agua reciclada, que es agua de desecho altamente tratada de una planta centralizada de tratamiento. El agua reciclada es de uso común en algunas áreas del EE.UU.

Beneficios de las aguas grises

Reutilizar las aguas grises es un componente importante de las prácticas sustentables del uso de agua, hay muchos beneficios en el uso de las aguas grises en lugar de agua potable para el riego.

Usar aguas grises puede:

- ▶ Disminuir el uso de agua potable de 16% a 40%, dependiendo del sitio y el diseño del sistema (Cohen 2009).
- ▶ Disminuir el monto de los recibos de agua y la factura por aguas residuales.
- ▶ Diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua para riego, reservando el agua tratada para

necesidades de más alta calidad.

- ▶ Reducir las necesidades de energía y químicos usados para tratar las aguas residuales.

Otro beneficio de usar aguas grises, es que nos conscientiza de nuestras fuentes de suministro de agua, ayudándonos a entender de dónde viene el agua que consumimos y a dónde va. Ser conscientes de nuestros suministros de agua, nos alienta a seleccionar productos más saludables y a comprometernos con nuestro jardín. Al reutilizar las aguas grises del hogar, preservamos los recursos de agua para otros seres vivos. En armonía con una forma integral del uso del agua al diseñar jardines, el cultivo con agua de lluvia, los baños secos y la conservación de agua, usando las aguas grises como un recurso, nos ayudan a reducir la dependencia del agua importada y protegen nuestras cuencas hidrográficas.

Cuestiones básicas de las aguas grises

Las aguas grises son una fuente única de agua y deben usarse de forma diferente al agua potable

Informa a tu familia, jardinero o paisajista, acerca de tu sistema de riego de aguas grises

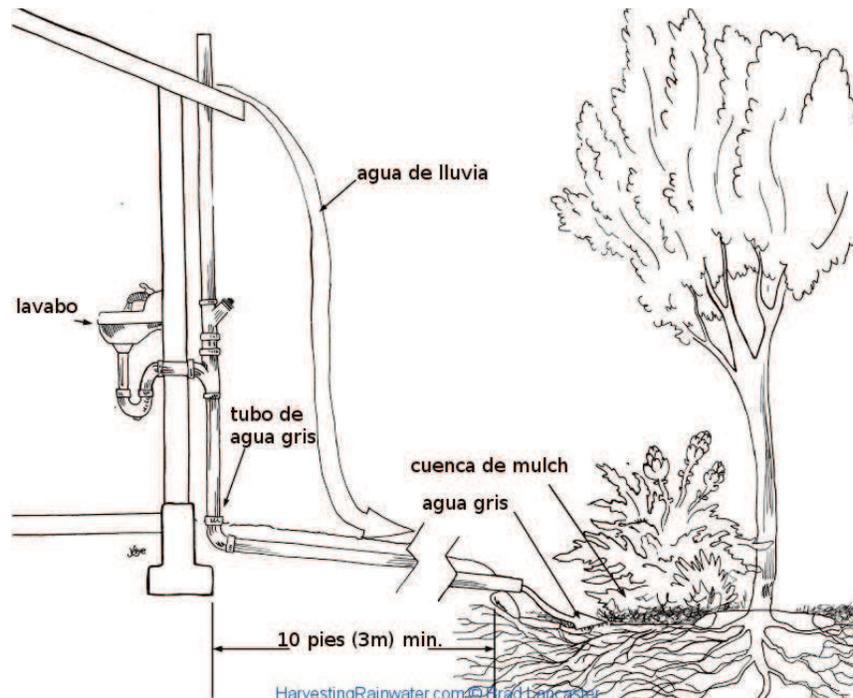
Asegúrate de informar a las personas que trabajen en tu jardín sobre tu nuevo sistema de riego de aguas grises. Muéstrales dónde están las mangueras y los puntos de riego, para que la manguera no sea perforada accidentalmente o las cuencas de mulch (acolchado o mantillo) sean modificadas o sepultadas; tu sistema puede resultar dañado por las personas que no entiendan el funcionamiento de tu sistema.

o al agua de lluvia. Estos son algunos lineamientos básicos para el uso de los sistemas residenciales de aguas grises:

- ▶ No almacenes las aguas grises por más de 24 horas. Si almacenas las aguas grises, los nutrientes que hay en ellas empezarán a descomponerse y generarán malos olores.
- ▶ Minimiza el contacto con las aguas grises. Las aguas grises pueden contener patógenos. Todos los sistemas deben ser diseñados para que el agua sea absorbida en el suelo y no esté al alcance de los animales ni de las personas.
- ▶ Infiltra las aguas grises en el suelo: no permitas estancamiento o escorrentías. Necesitas saber qué tan rápido se absorbe el agua en tu suelo para diseñar un sistema adecuado. Las aguas

grises estancadas proporcionan oportunidades de reproducción de mosquitos, así como el contacto con animales y seres humanos.

- ▶ Mantén tu sistema lo más simple posible. Los sistemas simples duran más, requieren menos mantenimiento, usan menos energía y cuestan menos. Toma en cuenta que los sistemas de bombeo y filtro requieren de un mayor compromiso y de un mantenimiento constante.
- ▶ Instala una válvula de desvío en un lugar conveniente para permitir el cambio fácil entre el sistema de aguas grises y el drenaje o el sistema séptico.
- ▶ Ajusta la cantidad de aguas grises directamente a las necesidades de riego de tus plantas.



Ejemplo de un sistema simple de aguas grises. Crédito: Brad Lancaster

Jabón y productos

Las aguas grises pueden ser una fuente de buena calidad para el agua de riego o un peligro para las plantas: todo depende de los jabones y productos que se usan dentro de casa. Para mantener tus plantas sanas y felices evita los productos con los siguientes ingredientes:

- ▶ **Compuestos de sal y sodio.** Las sales se pueden acumular en el suelo y evitar que las plantas tomen agua. Con el tiempo, el crecimiento de sal puede dañar o matar las plantas.
- ▶ **Boro o bórax:** el boro es un microcomponente vegetal, pero una vez que las plantas obtienen la cantidad de boro que necesitan, se convierte rápidamente en una microtoxina que daña las plantas. Como el boro no es tóxico para las personas, es un componente común en los detergentes ecológicos. Para evitar el envenenamiento por boro en tus plantas, no uses jabón o detergente que contenga boro o bórax.
- ▶ **Blanqueador a base de cloro:** el blanqueador de cloro mata los microorganismos del suelo y puede dañar tus plantas. No lo uses en un sistema de aguas grises. El blanqueador de peróxido de hidrógeno puede usarse como una alternativa.
- ▶ **Evita usar detergentes en polvo** porque contienen altas cantidades de sodio. Usa solo detergentes líquidos .

Jabones y productos recomendados

Busca productos libres de los ingredientes arriba mencionados. Algunas opciones incluyen:

- ▶ **Lavadoras:** ECOS, Biopac, Oasis, Vaska.
- ▶ **Regaderas:** Aubrey Organics (la mayoría de los tipos), Everyday Shea, Dr. Bronner's (el champú y

los acondicionadores raramente contienen boro o demasiadas sales, así que es menos crítico cambiar tus productos de baño, comparado con lo importante que son los detergentes de la lavandería). Si tienes interés en saber más acerca de los ingredientes en tu champú, acondicionador, y desodorante, visita <http://cosmeticdatabase.org>, un sitio de información en Internet que te permite investigar qué contienen tus productos.

- ▶ **Lavabos:** Oasis limpiador para todos los usos, Dr. Bronner's jabón líquido de castilla, la mayoría de los jabones con base de glicerina.
- ▶ **Productos de limpieza:** Usa productos con base de vinagre, no polvos blancos. O cierra el sistema de aguas grises, si necesitas una limpieza profunda con un limpiador blanco "poderoso" con base de sal.

Puedes también leer la parte trasera de las botellas de los detergentes. Si la compañía no hace una lista de todos los ingredientes que contienen sus productos no tendrás manera de saber si el producto es seguro para tus plantas o no.

Qué regar con aguas grises y cuánta agua usar

Un sistema bien diseñado encuentra el equilibrio entre la cantidad de aguas grises disponible y la cantidad de irrigación de agua necesaria para las plantas. Debido a que la cantidad de aguas grises y el agua que las plantas necesitan fluctúa, la meta del diseño es encontrar el punto de acoplamiento óptimo: regar la mayor cantidad de plantas posible, mientras se mantengan saludables. En los tiempos de lluvia cuando las plantas no necesitan riego, puedes cerrar el sistema de riego de aguas grises o, en suelos bien drenados, dejarlo abierto. La cantidad de aguas grises que pasa por los sistemas es minúscula, comparada con una tormenta de lluvia.

Si ya tienes un jardín, sigue estos pasos:

1. Decide a qué área del jardín es más fácil dirigir las aguas grises: sé flexible ante la posibilidad de cambiar el diseño del jardín de ser necesario.
2. Determina si las plantas de esa área son las apropiadas para regarlas con aguas grises.
3. Haz un cálculo de cuánta agua requieren las plantas (ver la página 7). Recuerda, este es una estimación del punto máximo de riego; tus plantas no necesitarán toda esa agua durante todo el año.
4. Compara la cantidad de aguas grises disponible con la necesidad de agua de riego para tus plantas. ¿Concuerdan? Trata de mantenerte alrededor de un 30% de las necesidades de riego de la planta. Tal vez descubras que tus plantas crecen con menos agua y, si ocasionalmente comienzan a padecer estrés hídrico por escasez, puedes complementar con agua de lluvia o de la llave.

Plantas compatibles con las aguas grises

Para el riego con aguas grises, las plantas grandes son más adecuadas que las plantas pequeñas. Un árbol o arbusto con un área de raíz extensa aguantan mucho mejor las fluctuaciones en la cantidad de agua que reciben que las plantas pequeñas. Las plantas grandes también necesitan más agua que las pequeñas, haciendo más fácil distribuir cantidades mayores de aguas grises para una menor cantidad de plantas. Cuando observes tu jardín, identifica las plantas que son más fáciles de regar. Muchas casas agotan sus provisiones de aguas grises antes de que el jardín completo esté regado. Si te quedas con aguas grises extras, considera plantar algo nuevo.

Regar plantas comestibles

Puedes regar de forma segura cultivos comestibles con aguas grises, mientras que las aguas grises no toquen la parte comestible de la planta. Por ejemplo, el código sobre el uso de las aguas grises en California prohíbe regar con aguas grises cultivos de raíces como zanahorias y papas, porque es posible que las aguas grises toquen estos tubérculos y que quien las consuma sin lavarlas pueda ingerir aguas grises.

Para regar exitosamente los huertos de vegetales con aguas grises, asegúrate de elegir un sistema apropiado. Cualquier sistema que use mangueras de riego por goteo es ideal para regar todo tipo de vegetales siempre y cuando la porción comestible esté sobre el suelo. Las camas de hortalizas con plantas grandes, como maíz, frijol, tomates, etc. pueden ser regadas con sistemas de lavadora y de bombeo, porque es más fácil distribuir el agua para alcanzar este tipo de plantas con esos sistemas de bombeo. En contraste, no es tan fácil regar vegetales con sistemas de flujo por gravedad.

Algunas áreas del jardín no son adecuadas para el riego con aguas grises, como el césped o áreas llenas de plantas pequeñas.

Árboles frutales, arbustos, enredaderas y tomates.

Estas son las plantas más fáciles de regar con aguas grises:

Árboles. Los árboles frutales (o cualquier árbol) adaptados a tu clima local prosperan con riego de aguas grises.



*Tomates regados con aguas grises de una lavadora.
Foto: Juliana Fredman*

Arbustos y matorrales. Los arbustos y matorrales propios de tu región son fáciles de regar con aguas grises. Considera las variedades frutales o encuentra algunas para crear un hábitat benéfico para pájaros e insectos.

Enredaderas. Enredaderas comestibles, como el maracuyá o el kiwi, son atractivas y producen frutas.

Plantas perennes grandes.

Los vegetales perennes, que se producen año tras año sin necesidad de ser replantados (como la alcachofa, nopal o chayote), son una adición productiva para cualquier jardín. Las plantas florales proveen hábitat para pájaros y mariposas.

Plantas anuales grandes.

Las plantas anuales grandes, tanto comestibles como no comestibles, pueden ser regadas con un sistema De la lavadora al jardín (LAJ) o de bombeo; por ejemplo, tomates, maíz, zinnia, calabazas (recuerda que puedes regar los cultivos de alimentos mientras que la porción comestible esté por encima del suelo y no sea tocada por las aguas grises).

Pequeñas plantas que pueden crecer cerca unas de otras pueden ser regadas en medio del área de siembra, para que las raíces compartan el agua. O pueden crearse canales de distribución rellenos de mulch, para mover las aguas grises hacia las plantas.

Plantas de desecho ecológico (plantas de humedal)

Si tienes abundante agua de riego y no necesitas ser consciente del uso de agua en tu jardín, puedes considerar sembrar plantas de humedal que adoran el agua: prosperan con riego frecuente y abundante de aguas grises. O si un exuberante humedal está en el diseño de tu jardín, dedícale un poco de tus aguas grises. Es más fácil dirigir una porción de aguas grises para regar un humedal, que vaciar todas las aguas grises en él y luego regar otras plantas con el agua que fluye del humedal (los humedales suelen usarse para procesar las aguas grises en lugares sin necesidades de riego u opciones sépticas o de drenaje, y en este diseño fluyen todas las aguas grises a través del humedal). Los humedales en los jardines traseros son propensos a obstruirse, lo que impide que las aguas grises salgan de ellos.

Plantas nativas y de bajo consumo de agua

Usa las aguas grises para regar las plantas nativas y tolerantes a la sequía, pero ten cuidado de no regarlas en exceso. Estas plantas pueden sobrevivir sequías típicas en su clima, pero lucirán mejor durante los tiempos secos con un poco de agua extra (por esta razón que mucha gente las riega). Diseña un sistema de aguas grises para distribuir el agua sobre la mayor cantidad posible del jardín.

Plantas que no debes regar con aguas grises

- ▶ **Hortalizas de raíz comestible.** Razón: riesgos para la salud. Alguien que ingiere una raíz de cultivo sin lavarla podría estar ingiriendo aguas grises. La mayoría de los códigos sobre el uso de aguas grises en EE.UU. prohíben el riego en los cultivos de raíces.
- ▶ **Plantas de sequía establecidas.** Razón: riesgo para la planta. Las plantas que nunca han sido regadas antes, como un roble o como un viejo cítrico que nunca fue regado, están acostumbradas a largos periodos secos y podrían resultar dañadas por riegos frecuentes.
- ▶ **Plantas que posiblemente prefieren el suelo ácido (dependiendo del pH de las aguas grises).** Razón: riesgo para la planta. Las aguas grises tienden a ser básicas (alcalinas), y a las plantas que prefieren el suelo ácido les puede ir mal con agua de riego básica. Puedes usar un detergente líquido con pH neutro, y agregar corteza ácida a las cuencas de mulch para crear un suelo de condiciones ácidas. La variedad de plantas que comúnmente prefieren el suelo ácido incluye helechos, azaleas, rododendros, camelias y mora azul. Puedes revisar las necesidades de pH de tus plantas en algún libro de plantas o de jardinería. Si el libro no menciona el pH o las condiciones ácidas es, generalmente, seguro asumir que la planta no necesita condiciones ácidas, como las plantas comunes de jardín, que prefieren condiciones neutrales o ligeramente alcalinas.
- ▶ **Césped.** Razón: no es práctico intentar regar el césped con un sistema simple de aguas grises. Si tienes césped y quieres reutilizar las aguas grises, considera quitar una porción del césped y plantar otros tipos de plantas como las que ya mencionamos.
- ▶ Cualquier planta sensible y difícil de cultivar, no será buena opción para regarla con aguas grises.

¿Qué tanto debo regar mis plantas?

La información que a continuación mencionamos te ayudará a estimar qué porción de tu jardín puede ser regada usando el sistema de riego con aguas grises.

Mucha gente no tiene idea de cuánta agua necesita una planta. Primero, vamos a hacer un cálculo aproximado de cuántos árboles frutales medianos puedes regar desde un simple sistema de riego con tu lavadora, asumiendo que no haya lluvia para complementar el riego por aguas grises. Determina el potencial de riego multiplicando el primer número (una carga por semana) por el número de cargas que haces semanalmente:

Climas fríos 65-75°F (18-24°C) en el verano

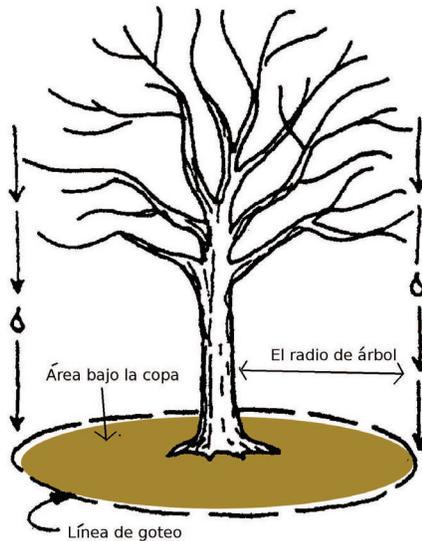
- ▶ Máquina de carga frontal (una carga a la semana): 1 a 2 árboles
- ▶ Máquina de carga superior (una carga a la semana): 3 a 4 árboles

Climas templados 75-85°F (24-29.5°C) en el verano

- ▶ Máquina de carga frontal (una carga a la semana): 1 árbol
- ▶ Máquina de carga superior (una carga a la semana): 2 a 3 árboles

Climas cálidos 85-100°F (29.5-38°C) en el verano

- ▶ Máquina de carga frontal (una carga a la semana):
½ árbol
- ▶ Máquina de carga superior (una carga a la semana): 1 a 2 árboles
- ▶ Tomando en cuenta el estimado de arriba, realiza tus cálculos para determinar más acertadamente cuánto regar tus plantas. Hay muchos factores que afectan los requerimientos de agua de las plantas, incluyendo el clima, la exposición (ej: norte o sur), el viento, la sombra, el mulch, el tipo de planta y el tamaño de la planta.



Un ejemplo: La línea de goteo de este árbol está a tres pies (un metro) del tronco y el área bajo la copa es 27 pies² ($\pi r^2 = 3 \times 3 \text{ pies} \times 3 \text{ pies}$), o 2.5 metros².

Ejemplo de cálculo: estimar necesidades de riego semanal

Un hogar de Santa Mónica tiene en un jardín ocho árboles frutales pequeños (enanos) y plantas nativas. Los propietarios actualmente riegan los árboles usando agua de la llave pero, en lugar de eso, les gustaría usar aguas grises de su lavadora. Los propietarios de la casa estiman que producen 80 galones (300 l) de aguas grises de su lavadora por semana (20 galones/carga x 4 cargas/semana). La línea de goteo de los árboles está a tres pies (un metro) de distancia de sus troncos.

Los propietarios de la casa empiezan haciendo un cálculo estimado de cuánta agua requiere cada árbol. Primero encuentran el cuadro de medida de los árboles, usando la fórmula: Área de cada árbol: $\pi r^2 = 3 \times 3 \text{ pies} \times 3 \text{ pies} = 27$ pies (2.5 metros) cuadrados. Como el clima es tibio, dividen entre dos, y obtienen como resultado que cada árbol necesita 13 galones/semana (50 litros/semana).

Si dividen los 80 galones en partes iguales, entre los ocho árboles, cada árbol obtendrá aproximadamente 10 galones (38 l) a la semana. Eso es menos que el punto más alto de riego necesario, pero suficiente para la mayoría del año. Deciden instalar un sistema De la lavadora al jardín para distribuir las aguas grises igualmente entre los ocho árboles. Planean observar los árboles en el verano. Si los árboles dan señales de estrés hídrico por escasez, complementarán su riego de aguas grises con agua de la llave.

Estimado general para las necesidades semanales de riego

Puedes determinar el riego semanal necesario para una planta, basándote en su tamaño y en el clima; esto te dará una mejor idea de cuántas plantas puedes regar basándote en tu producción de aguas grises. El tamaño de la planta se mide a partir del área bajo su copa; para árboles y arbustos, esta área tiene forma de círculo. Las camas de plantas o setos tienen un área rectangular. Usa el área del círculo: multiplica π (3.14 o redondeado a 3.0) por el radio del círculo (R) al cuadrado (área = πR^2). Encuentra el área del rectángulo multiplicando el largo por el ancho.

Recuerda, este estimado te da el punto más alto del riego que requieren las plantas; no necesitas regarlas durante todo el año. Puedes decidir regar tus plantas con aguas grises, menos de lo que el punto alto requiere durante la mayor parte del año, a sabiendas de que, tal vez, tus plantas necesitarán agua adicional durante el verano. Alternativamente, si tienes más aguas grises de lo que tus plantas necesitan, puedes regar tus plantas de acuerdo con su punto más alto de necesidad a lo largo de todo el año, aunque no necesiten tanta agua la mayor parte del año. Si tu drenado es bueno, regar las plantas más de lo necesario con aguas grises no dañará tus plantas.

Para determinar las necesidades de riego (en galones por semana)

Primero encuentra el número de pies cuadrados de área sembrada y luego divide por:

- ▶ 1 en clima cálido, árido
- ▶ 2 en clima templado
- ▶ 4 en clima frío con niebla costera en verano

Por ejemplo, aquí está el cálculo de un manzano que mide cuatro pies desde tronco hacia sus ramas exteriores:

- ▶ Área del círculo = $\pi \times R^2$ (redondeando π a 3) = 3×4^2 (4×4) = 48 pies (o 4.5 metros) cuadrados

Para encontrar el estimado más alto de riego necesario, divide 48 pies cuadrados por el número del clima:

- ▶ En clima cálido, árido: $48 \div 1 = 48$ galones (180 L)/semana
- ▶ En clima templado con veranos tibios: $48 \div 2 = 24$ galones (90 L)/semana
- ▶ En clima fresco con niebla costera en verano: $48 \div 4 = 12$ galones (45 L)/semana

Este estimado general es más exacto para plantas con consumo moderado de agua, como los árboles frutales. Las plantas de humedal que tienen afinidad para el agua querrán más agua, mientras que las plantas tolerantes a la sequía o de bajo consumo de agua requieren menos. Si estás regando una planta de bajo consumo de agua o tolerante a la sequía, divide tu estimado (galones/semana) a la mitad otra vez.

anexo 6: Resultados simulación DesignBuilder

