

HACIA LA SOSTENIBILIDAD URBANA

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE LA HABITABILIDAD DE UN CONJUNTO RESIDENCIAL
EN ALCALÁ DE HENARES SEGÚN CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

José Moreno Rincón

Trabajo Final de Grado, 2023 - Escuela de Arquitectura, UAH

HACIA LA SOSTENIBILIDAD URBANA

ESTRATEGIAS DE MEJORA DE LA HABITABILIDAD DE UN CONJUNTO RESIDENCIAL
EN ALCALÁ DE HENARES SEGÚN CRITERIOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

José Moreno Rincón

Tutores: Antonio Baño Nieva / Enrique Castaño Perea

Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Geodesia
Universidad de Alcalá de Henares 2023

RESUMEN

Existen múltiples cuestiones relacionadas con la rehabilitación sostenible, y multitud de valores que aún deben ser asimilados e inculcados dentro de la ciudad y su población para que pase de ser un simple concepto a una forma de vida.

El término se relaciona íntimamente con los problemas de la pobreza energética, con numerosas vidas que se encuentran en situaciones precarias de habitabilidad, ligando con los ODS de la Agenda 2030, la cual nos afecta a todos.

Existen varios casos de tales intervenciones en nuestra vecindad inmediata, aunque parece que muchos de ellos empiezan a convertirse gradualmente en formas de explotación económica, donde se implementan soluciones “rápidas”, aunque eficientes, que a menudo no abordan verdaderamente los problemas subyacentes de las propiedades.

Por tanto, este trabajo se centra en la búsqueda de soluciones de intervención en el campo de la rehabilitación sostenible, brindando una exposición y evaluación integrales, que pueda ser de fácil comprensión para todo aquel que aspira a entender los fundamentos del desarrollo sostenible, las implicaciones de largo alcance que conlleva y la verdadera magnitud de los desafíos imperantes.

Palabras clave:

Rehabilitación sostenible, calificación energética, análisis bioclimático, Objetivos de Desarrollo Sostenible, pobreza energética

Un punto a considerar es la particularidad de que el edificio de la propuesta es el propio espacio habitacional personal, incorporando así un concepto intrincado que plantea desafíos en la gestión de tales intervenciones: la experiencia del lugar.

Es esta experiencia en el tiempo la que impulsa la búsqueda de las soluciones previamente mencionadas, impregnado de una concienciación de los predicamentos energéticos y bioclimáticos genuinos que atañen el caso de estudio en cuestión.

Fomentar la conciencia acerca del cambio climático, el problema de la huella de carbono en la arquitectura y la importancia primordial de integrar el diseño pasivo y un punto de vista bioclimático como principios fundamentales de proyección, son factores clave que deben convertirse en principios rectores de nuestra profesión, con el objetivo final la reducción en el futuro próximo del impacto ambiental.

Además, es vital considerar la mejora de la calidad de vida de los usuarios, combatir la pobreza energética y generar beneficios sustanciales para la sociedad en su conjunto.

ABSTRACT

There are many issues related to sustainable rehabilitation, and a multitude of values that still need to be assimilated and instilled within the city and its population in order for it to move from being a simple concept to a way of life.

The term is intimately related to the problems of energy poverty, with many lives in precarious situations of habitability, linking to the SDGs of The 2030 Agenda, which affects us all.

There are several cases of such interventions in our immediate vicinity, although it seems that many of them are gradually starting to turn into forms of economic exploitation, where “quick”, albeit efficient, solutions are implemented that often do not truly address the underlying problems of the properties.

This paper therefore focuses on the search for intervention solutions in the field of sustainable rehabilitation, providing a comprehensive exposition and assessment, which can be easily understood by anyone who aspires to understand the fundamentals of sustainable development, the far-reaching implications it entails and the true magnitude of the prevailing challenges.

Key words:

Sustainable rehabilitation, energy rating, bioclimatic analysis, Sustainable Development Goals, energy poverty

One point to consider is the particularity that the building of the proposal is the personal living space itself, thus incorporating an intricate concept that poses challenges in the management of such interventions: the experience of place.

It is this experience over time that drives the search for the aforementioned solutions, imbued with an awareness of the genuine energy and bioclimatic predicaments that pertain to the case study in question.

Promoting awareness of climate change, the issue of the carbon footprint in architecture and the paramount importance of integrating passive design and a bioclimatic point of view as fundamental design principles are key factors that must become guiding principles of our profession, with the ultimate goal of reducing environmental impact in the near future.

In addition, it is vital to consider improving the quality of life of users, combating energy poverty and generating substantial benefits for society as a whole.

ÍNDICE

1. OBJETIVOS Y ALCANCE
2. INTRODUCCIÓN
 - 2.1 DESCRIPCIÓN DEL TEMA Y RAZONAMIENTO DE SELECCIÓN
 - 2.2 CONTEXTO
3. METODOLOGÍA
4. REHABILITACIÓN SOSTENIBLE
 - 4.1 DEFINICIÓN
 - 4.2 ANÁLISIS DE CASOS
 - 4.2.1 REHABILITACIÓN DE 21 CONJUNTOS URBANOS EN ZARAGOZA
 - 4.2.2 REHABILITACIÓN DE CIUDAD DE LOS ÁNGELES EN MADRID
 - 4.2.3 REHABILITACIÓN DEL BARRIO DEL AEROPUERTO EN MADRID
 - 4.2.4 REHABILITACIÓN DEL BARRIO DE CORONACIÓN EN VITORIA
5. LOCALIZACIÓN Y CASO DE ESTUDIO
 - 5.1 ANÁLISIS PLANIMÉTRICO
 - 5.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO - CLIMATOLOGÍA
 - 5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS - CLIMATE CONSULTANT
 - 5.4 ANÁLISIS DE USUARIOS
 - 5.5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA
6. PROBLEMAS ACTUALES
7. CATÁLOGO DE SOLUCIONES
 - 7.1 INTERVENCIONES EN FACHADA
 - 7.1.1 SATE
 - 7.1.2 FACHADA VENTILADA
 - 7.1.3 FACHADA VEGETAL
 - 7.2 INTERACCIÓN URBANA
 - 7.2.1 GALERÍA SOLAR + CORREDOR BIOCLIMÁTICO
 - 7.2.2 MURO TROMBE
8. CONCLUSIONES
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente trabajo pretende estudiar las características de las edificaciones existentes en la calle Santa Fe, de Alcalá de Henares.

Dichas viviendas no cumplen con los estándares de habitabilidad, sostenibilidad, salubridad, higrotermia y accesibilidad que se contemplan actualmente en la normativa edificatoria. A partir de dicho estudio y análisis del entorno y sus características, se busca reevaluar la situación a partir de diferentes soluciones aplicables al conjunto, creando un catálogo con varios resultados en los que se valorará su grado de viabilidad, tanto a nivel constructivo como económico.

Para ello, se analizarán las circunstancias actuales del entorno y el propio conjunto, se estudiarán casos de rehabilitación energética de los últimos años que puedan resultar de interés y aportar ideas a la hora de establecer soluciones en el proyecto. Por ello, las medidas correctoras serán en base a los medios existentes en la actualidad y acorde al marco normativo que regula el Código Técnico de la Edificación (CTE), el cual rige y determina las distintas exigencias básicas para este tipo de intervenciones.

El objetivo principal es, por tanto, familiarizarse con este tipo de obras, que se encuentran cada vez más presentes en la vida de los edificios, dado el amplio número de edificaciones construidas en el siglo pasado con unas características constructivas de dudosa fiabilidad, y determinaciones energéticas insuficientes o

totalmente nulas, puesto que el fin principal no era la habitabilidad o el confort, sino la producción serial y en masa en tiempos muy reducidos.

Por otra parte, se busca entender qué efecto producen diferentes soluciones sobre las condiciones energéticas del edificio o el conjunto, interpretando al final los resultados obtenidos y la viabilidad.

Un incentivo en este trabajo es la característica de que el conjunto residencial es, a su vez, el espacio vividero personal, por lo que entra en el estudio y aplicación la propia experiencia de vivir en las residencias, dando nociones acerca de los problemas que, de otro modo, sería mucho más complicado de estudiar.

Con este análisis se introduce en el concepto de rehabilitación de viviendas en la transformación energética y sostenible que atañe al mundo entero, buscando la colaboración de las distintas entidades públicas, las subvenciones y ayudas existentes sobre todo a nivel europeo, y de los mismos residentes, principales víctimas de las malas condiciones de habitabilidad de estos edificios.

Se busca además una concienciación acerca del cambio climático, de la reducción de la huella de carbono y del diseño pasivo unido a la innovación dentro del ámbito de la arquitectura y el urbanismo, con fin de reducir en un futuro el impacto ambiental y aumentar la calidad de vida de los usuarios al luchar contra la pobreza energética, dando grandes beneficios a la sociedad.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. DESCRIPCIÓN DEL TEMA Y RAZONAMIENTO DE SELECCIÓN

El tema principal del presente trabajo es la rehabilitación sostenible, un concepto que en la actualidad comienza a ser cada vez más común de escuchar y de relacionar con las diferentes intervenciones que van apareciendo en la ciudad, sobre todo en las edificaciones.

Muchas son las cuestiones que atañen a este concepto, y muchos los valores que debemos aprender e inculcar en la población para que este pase a ser no solo un concepto, sino una nueva ideología, ya que se relaciona a los problemas de la pobreza energética y a las miles de vidas que se encuentran en situaciones decaídas en términos de habitabilidad.

Es por ello que el estudio se apoya en un caso concreto como es la calle Santa Fe, con viviendas de los años 60 con graves problemas de habitabilidad, confort, accesibilidad, etc.

Es un tema que nos concierne a todos y que exige soluciones de manera casi

inmediata.

Muchos son ya los casos que se pueden encontrar a nuestro alrededor de este tipo de intervenciones, aunque en muchos casos, aunque resuelves muchos problemas a nivel energético, puede que no lleguen a encontrar el verdadero problema, produciendo intervenciones “rápidas” que generan parches temporales.

Por ello, en este trabajo se busca crear un manual de rehabilitación sostenible, donde cualquier lector pueda conocer y entender el concepto, las repercusiones que acarrea y la verdadera magnitud de los problemas que existen.

En definitiva, este proyecto se realiza con la intención de concienciar sobre los problemas existentes a nivel bioclimático en la arquitectura, mostrando la realidad que viven miles de personas y como debemos concienciar a las ya actuales generaciones de que la arquitectura y el urbanismo deben seguir un camino de la mano de la eficiencia energética y con los condicionantes y estudio del entorno como apoyo en la planificación de los proyectos.

2.2. CONTEXTO

En España, hasta el año 1999 cuando aparece la Ley 38/1999 de 5 de noviembre de Ordenación de la Edificación, no existe una norma reguladora del sector de la construcción de edificaciones ni de la rehabilitación (mucho menos energética). En esta ley se autorizó la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) donde se indicaron las exigencias básicas que un edificio debe cumplir en aspectos de seguridad y habitabilidad.

Este documento se ha ido actualizando hasta su última versión, RD 732/2019, que comenzó su obligatoria aplicación el 24 de septiembre de 2020. Esta actualización tuvo importantes modificaciones respecto a lo anterior, dado que mejoraba las bases del DB-HE de ahorro energético. Aquí, aparecen los principales documentos que atañen a la rehabilitación energética, como son el DB-HE0, DB-HE1 y DB-HE4. Se actualizó además el DB-SI, perteneciente a la seguridad ante incendios y se incluyó el DB-HS6, donde se especifican los problemas que acarrea el radón y las medidas de protección que se deben tomar (Ministerio de Fomento, 2019).

El aspecto más importante, o al menos en relación con el presente trabajo, es la aprobación del procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Se establecen las condiciones técnicas y administrativas que se relacionan con la certificación energética de los edificios y la metodología de cálculo de la calificación energética de los mismos.

Como es lógico, se promueve el uso de energías renovables para cubrir las demandas energéticas de los edificios, consiguiendo reducir las emisiones de carbono.

Estos condicionantes reguladores han aparecido en una fecha tardía, sin embargo, el RITE (Reglamentos de Instalaciones Térmicas en los Edificios), aprobado en 1980, ya especifica los requisitos que las instalaciones relativas a calefacción, climatización y ACS para hacer un uso coherente y racional de la energía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021).

Estas normas de regulación energética y de requisitos mínimos en los espacios habitables han llegado de una manera más bien tardía. Esto ha conllevado la construcción de múltiples viviendas previo al año 1980, donde el único objetivo era la construcción en masa y sin ningún tipo de regulación en el ámbito de la energía. De hecho, en 2020 más del 10% de familias en España, no podían garantizar el calor en sus hogares, y casi el 20% tenían goteras en el interior de sus viviendas, humedades o pudrición (Instituto de Estadística de Cataluña, 2021).

En 2015, al observar los problemas y consecuencias que acarrea esta situación, 193 países pactaron seguir y cumplir los llamados 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, u ODS como se conoce por su siglas.

Aquí se establecieron una serie de puntos a cumplimentar para el años 2030, lo que se denominó como Agenda 2030, buscando la igualdad entre las personas, mejorar las condiciones climáticas del planeta y protegerlo, asegurando un futuro mejor y más propicio para todos.

Aquí, el campo de la arquitectura tiene una gran presencia, dado que solo los edificios de carácter residencial fueron responsable en el año 2020 de emitir 2.4 gigatoneladas de CO₂, debido a la construcción de estas estructuras y otros 10.8 gigatoneladas asociadas al consumo de elementos de climatización activa como la calefacción, es decir, un 44% de las emisiones producidas en todo el mundo. (Agencia Internacional de la Energía, IEA, 2021).

En concreto, el objetivo de desarrollo sostenible número 7, denominado “Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos”, es un problema común a todos los países y que afecta a la población mundial. Se busca reducir y eliminar las energías provenientes de fuentes fósiles sustituyendo estos por energías renovables, algo primordial en la lucha contra el cambio climático y en el crecimiento económico de un país. Para ello, deben reemplazarse las fuentes de calefacción no renovables y reducir a la mitad el consumo de gas de las viviendas para llegar al net-cero en 2040. (McKinsey, 2020).

La rehabilitación sostenible atañe a otros objetivos, como el número 1 “Fin de la pobreza”, el 3 “Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades y el 11 “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros resilientes y sostenibles” (Naciones Unidas, 2022).

Y es que es función de la arquitectura y el urbanismo garantizar todos estos objetivos, dado que son responsables de la situación de habitabilidad que poseen miles de personas, tanto dentro como fuera de su hogar.

La ciudad también será sostenible, eficiente y segura, creando espacios de índole social donde las personas puedan ser, relacionarse y estar.

El hogar deberá favorecer una cantidad mínima de servicios de energía para las necesidades básicas de los usuarios, con condiciones climáticas adecuadas para la salud y el bienestar, reduciendo al máximo posible el uso de aparatos de climatización activa.

Si bien es cierto que las nuevas construcciones buscan incentivar estos objetivos y adaptarse a las nuevas condiciones de energía y habitabilidad, el panorama en España presenta una mayoría de edificaciones de viviendas obsoletas e ineficientes, que deben adaptarse y evolucionar para mejorar la situación actual. En este contexto, el Consejo de Ministros aprueba en 2021 el programa de ayuda a la rehabilitación residencial y vivienda social del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.

 **OBJETIVOS** DE DESARROLLO SOSTENIBLE



3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se enmarca dentro del Trabajo Fin de Grado correspondiente al grado en Fundamentos de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Alcalá de Henares (UAH). La intención es investigar y comprender un área urbana específica de la misma ciudad, ofreciendo una serie de soluciones a nivel bioclimático y energético.

Para lograr esto, primero se atenderá al propio concepto de la rehabilitación sostenible, entendiendo su significado y sus consecuencias para después analizar casos concretos que ya se han llevado a cabo en relación con el tema, para obtener varias referencias y estrategias que permitan abordar el problema propuesto.

En la segunda parte, el caso concreto de estudio en Alcalá de Henares será estudiado para encontrar sus peculiaridades, acompañado de un reconocimiento de las condiciones climáticas del lugar, fotografías y planimetría, es decir, cualquier elemento necesario para describir y entender el ámbito de estudio.

Para ello se usarán diferentes fuentes de información digital como las páginas Meteoblue o SunEarthTools, además de programas de análisis como ClimateConsultant y Revit.

Tras esto se pasará a producir un catálogo de soluciones acorde a los problemas identificados, donde se valoren diferentes formas de actuación y varios escenarios finales, según los condicionantes preestablecidos.

La comparativa de los casos identificados vendrá resuelta a través de su propia e individualizada certificación energética, para lo que se usará el programa HULC, acompañados de un modelo BIM en Revit que facilite el estudio.

Con esto, se presentarán una serie de conclusiones, donde se estimará la viabilidad técnica y económica de las soluciones descritas, con el objetivo de mejorar las condiciones de habitabilidad de los residentes y usuarios de la zona, tanto a nivel residencial como urbano.

4. REHABILITACIÓN SOSTENIBLE

4.1. DEFINICIÓN

El término rehabilitación sostenible acoge el proceso de transformación de un edificio existente, con características energéticas obsoletas o insuficientes, en un edificio con demanda energética reducida, buenas condiciones de habitabilidad y confort interior.

Varios autores dan su propia definición, como José Luis López Delgado y Mireya Reguart (2019) que lo describen como:

[...] actuaciones constructivas necesarias para resolver los problemas de una edificación y para actualizarla en la mayor medida posible. Esta actualización pretende adecuar las características del edificio a los parámetros actuales y al cumplimiento de la normativa técnica vigente [...] todo ello dentro de una homogeneidad de las soluciones aportadas y sin perder la identidad del conjunto.

Es fundamental atender la pobreza energética, con toma de decisiones acerca del ahorro energético a partir del análisis y aprovechamiento de elementos pasivos (como la ventilación cruzada o la orientación solar) más que la sustitución de los elementos existentes, complementado el proceso con elementos activos (calderas, carpinterías...) que lleven a mejorar la calificación energética del edificio y reducir lo máximo posible las emisiones de carbono.

Se busca mejorar el aislamiento térmico de toda la envolvente, usando protectores y calentadores solares, mejorar la eficiencia energética al implantar equipos con mejor rendimiento y menor consumo, y diversificar las fuentes de energía, introduciendo energías renovables.

La correcta aplicación debe individualizarse a cada caso concreto, estableciendo parámetros que caractericen el lugar y su entorno, además del estudio de los condicionantes de la obra específica de intervención y de los usuarios que albergan.

Como dice el Centro Nacional de Energías Renovables (2014):

[...] la rehabilitación basada en criterios de ahorro energético juega un papel crucial para alcanzar los objetivos energéticos y medioambientales que se ha marcado España y la Unión Europea. Por ello es necesario explorar las estrategias que faciliten la transformación de los edificios hacia edificios más ahorradores o de consumo de energía casi nulo y el esfuerzo económico que ello supone.

Por ello, para llevar a cabo una rehabilitación de este tipo, podemos establecer una serie de puntos a considerar:

- Evaluación energética: análisis y valoración de los edificios del área de intervención para encontrar formas de mejora en término de eficiencia energética.
- Aislamiento térmico: cubrición y mejora de la envolvente térmica, reduciendo las pérdidas energéticas.
- Reemplazo de ventanas y puertas: existentes por modelos de alta eficiencia energética, lo que conlleva una mejora de la estanqueidad y una reducción de las pérdidas de calor.
- Instalación de sistemas de climatización y producción de agua caliente sanitaria más eficientes, reduciendo consumo y costes.
- Implementación de sistemas de energías renovables, buscando eliminar la dependencia de los combustibles fósiles, mejorando el nivel energético y ambiental del área.

A partir de estos 5 puntos se mejora la eficiencia energética de los edificios, reduciendo el consumo de energía y las emisiones de carbono, mitigando los gases de efecto invernadero además de mejorar las condiciones de habitabilidad y ahorro económico.

4.2. ANÁLISIS DE CASOS



Imágenes aéreas de los casos de análisis

Fuente: Google Earth

Para comprender los conceptos de la rehabilitación sostenible y aplicarlos de manera correcta sobre el proyecto, se procede a estudiar y describir algunos ejemplos realizados en los últimos años en la península, como son la ciudad de los Ángeles en Madrid, el barrio de Coronación en Vitoria, el barrio del Aeropuerto de Madrid y el caso de los 21 barrios de Zaragoza.

4.2.1 REHABILITACIÓN DE 21 CONJUNTOS URBANOS (ZARAGOZA)



Fuente: Imagen editada de elaboración propia sobre base de Google Earth

El Ayuntamiento de Zaragoza a través de SMRUZ (Sociedad Municipal de Rehabilitación Urbana de Zaragoza, 2005) ha ido fomentando con los años la rehabilitación urbana, concediendo ayudas de hasta 34048721€ de los que se han beneficiado 20000 viviendas.

Esto se extendió a 75000 viviendas gracias a acuerdos políticos con interés en la rehabilitación de estos barrios creados en los años 50-60.

Otras ciudades se unieron a esta incentiva, creando dos proyectos europeos (SMRUZ, 2005):

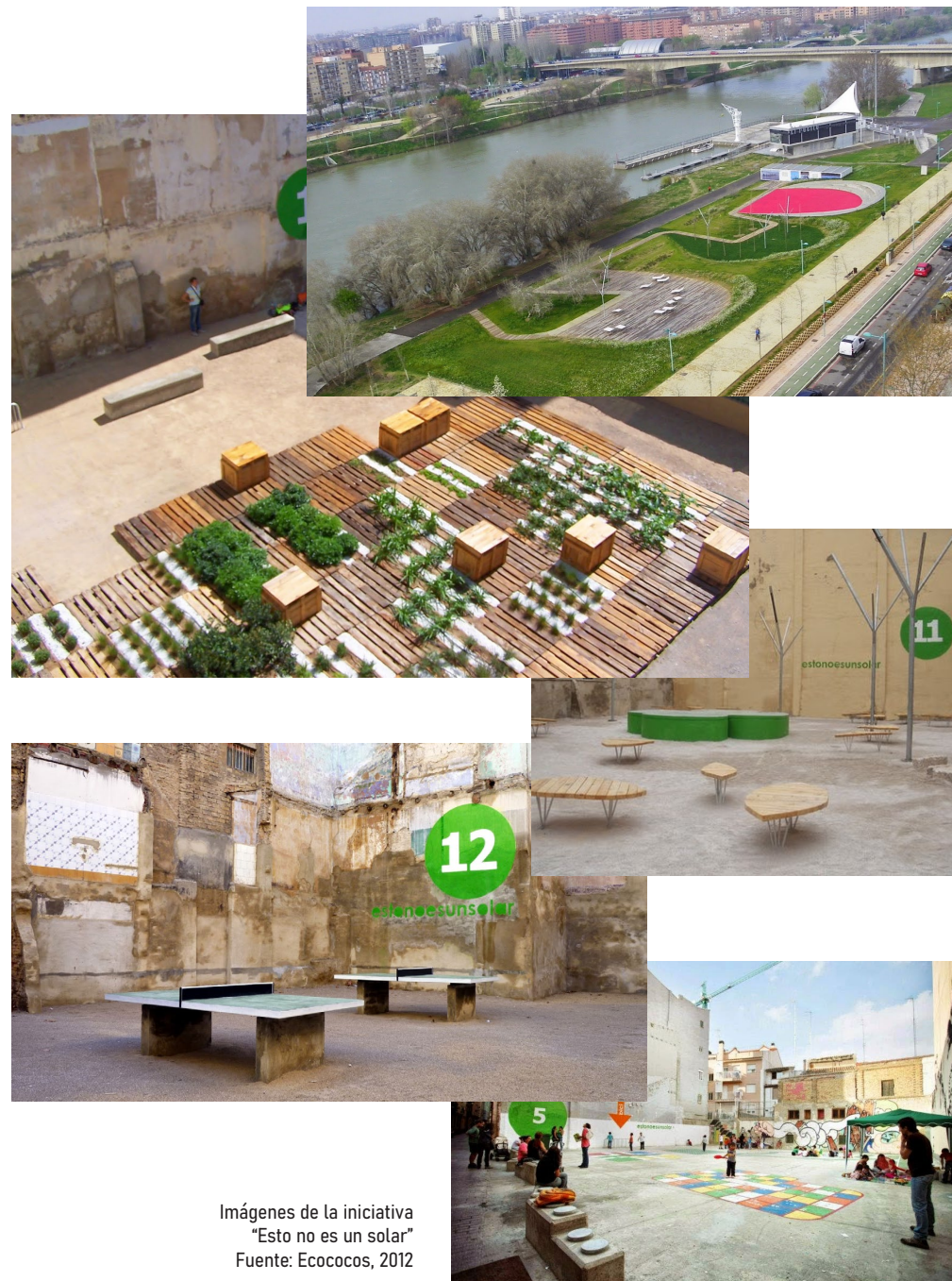
- REVITASUD, donde se agruparon Toulouse, Barcelona y Vitoria. Revitasud financió los proyectos de los barrios de las Fuentes y Delicias.
- RENAISSANCE, con Lyon y Bracknell, incentivando el ahorro energético y el uso de energías renovables en el barrio de Valdesparterra-Picarral.

Con ello, se catalogaron los barrios de interés en 7 familias, seleccionando 4 proyectos piloto adjudicados a arquitectos/ingenieros que se encargaran de resolver el problema.

En 2006 surgió la iniciativa “Esto no es un solar”, donde se realizaron una serie de intervenciones artísticas dentro de un programa denominado “vacíos cotidianos”, donde se propuso la reutilización de los vacíos del casco histórico de Zaragoza.

Esto sentó las bases de la idea de poder revitalizar Zaragoza, en inicio con pequeñas intervenciones en los vacíos, después a mayor escala, pero siempre con el incentivo de la participación y cohesión social como elemento vertebrador de las estrategias.

El objetivo de las revitalización de las zonas degradadas es situar sobre el terreno estrategias de regeneración que permitan detener el deterioro del tejido urbano y social, preservar sus valores patrimoniales, reforzar la cohesión social, favorecer la actividad económica, en definitiva, mejorar la calidad de vida de sus habitantes y usuarios habituales. (Rubio del Val, 2011)



Imágenes de la iniciativa
“Esto no es un solar”
Fuente: Ecococos, 2012

Localización	21 conjuntos urbanos de interés en Zaragoza
Año de construcción	Años 50 y 60
Condición	Incentiva de rehabilitación urbana privada. Proyectos europeos REVITASUD y RENAISSANCE
Número de viviendas	8560 viviendas en 658 edificios
Tipología	Bloques cerrados de viviendas, hasta 5 alturas.
Presupuesto	27850-53350€ por vivienda, aportando los propietarios entre 6000-13400€ de media

Fuente: Hábitat Futura, 2012

Problemas existentes:

- Habitabilidad: programas y superficies mínimas (<37m²) y obsoletos con viviendas que presentan varias intervenciones de los propios vecinos.
- Problemas de estabilidad por asientos de cimentación en el conjunto Francisco Franco.
- Humedades y falta de aislamiento en cubiertas; humedades en plantas bajas por rotura de instalaciones, falta de aislamiento y ventilación en solera.
- Acabados exteriores deteriorados, falta de aislamiento térmico y acústico, carpinterías obsoletas, huecos sin coherencia de ordenación.
- Falta de accesibilidad, plantas bajas elevadas sobre rasante, sin ascensor.
- Espacio público degradado



A - VIVIENDAS ULTRABARATAS
Arquitectura de la Postguerra; Década 1940

B - VIVIENDAS BARATAS SOCIALES
Arquitectura de la Autarquía; Década 1950
B.1 - Arquitectura Regional
B.2 - Arquitectura Nacional

C - VIVIENDAS BARATAS- INICIATIVA PRIVADA
Arquitectura Ecléctica; Década 1960

D - VIVIENDAS DE TIPO MEDIO
Arquitectura Internacional; Década 1965-75

E - VIVIENDAS UNIFAMILIARES
Arquitectura Rural; Década 1950

Metodología de trabajo
Fuente: Rubio del Val, 2011

Propuestas y objetivos:

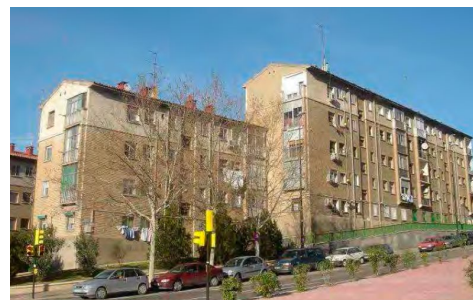
- Remodelación, sustituyendo parcial o totalmente la edificación existente
- Reestructuración integral, cambio en el número de viviendas y aumento del tamaño de las existentes
- Rehabilitación, adecuación de los elementos comunes (rampa interior o salva escaleras, rampa exterior, instalación de ascensores con galerías) y sustitución de las instalaciones húmedas y de calefacción
- Mejora de la habitabilidad, estabilidad, estanqueidad, accesibilidad, instalaciones y estética de los edificios
- Demolición y reposición de acerado perimetral y de plantas bajas en los casos pertinentes.
- Reparación de envolvente térmica, añadiendo aislamiento térmico y material de cobertura.
- Sustitución de estructura obsoleta en cubierta.
- Desalojo/cambio de uso de las plantas bajas
- Urbanización de espacios libres

Con esto, se alcanzaron una serie de resultados (Hábitat Futuro, 2012):

- Mejoras en las condiciones de vida de las personas al eliminar las barreras arquitectónicas, mejorar los niveles de confort térmico, mejorar los espacios libres entorno al edificio y conseguir ahorrar un 40% en consumos energéticos.
- Mejoras en la coordinación e integración entre los distintos actores, organizaciones e instituciones, cambios de política y estrategias, eliminando trámites burocráticos y simplificándolos; replica del modelo de manera regional en otras 7 ciudades; y modificación de normativa a distintas escalas.



Antes y después - Conjunto de Picarral. Fase I Fuente: Rubio del Val, 2011



Antes y después - Conjunto de Alférez Rojas. Fase I Fuente: Rubio del Val, 2011



Antes y después - Conjunto de José Antonio Girón. Fase II Fuente: Rubio del Val, 2011

4.2.2 REHABILITACIÓN DE CIUDAD DE LOS ÁNGELES (MADRID)

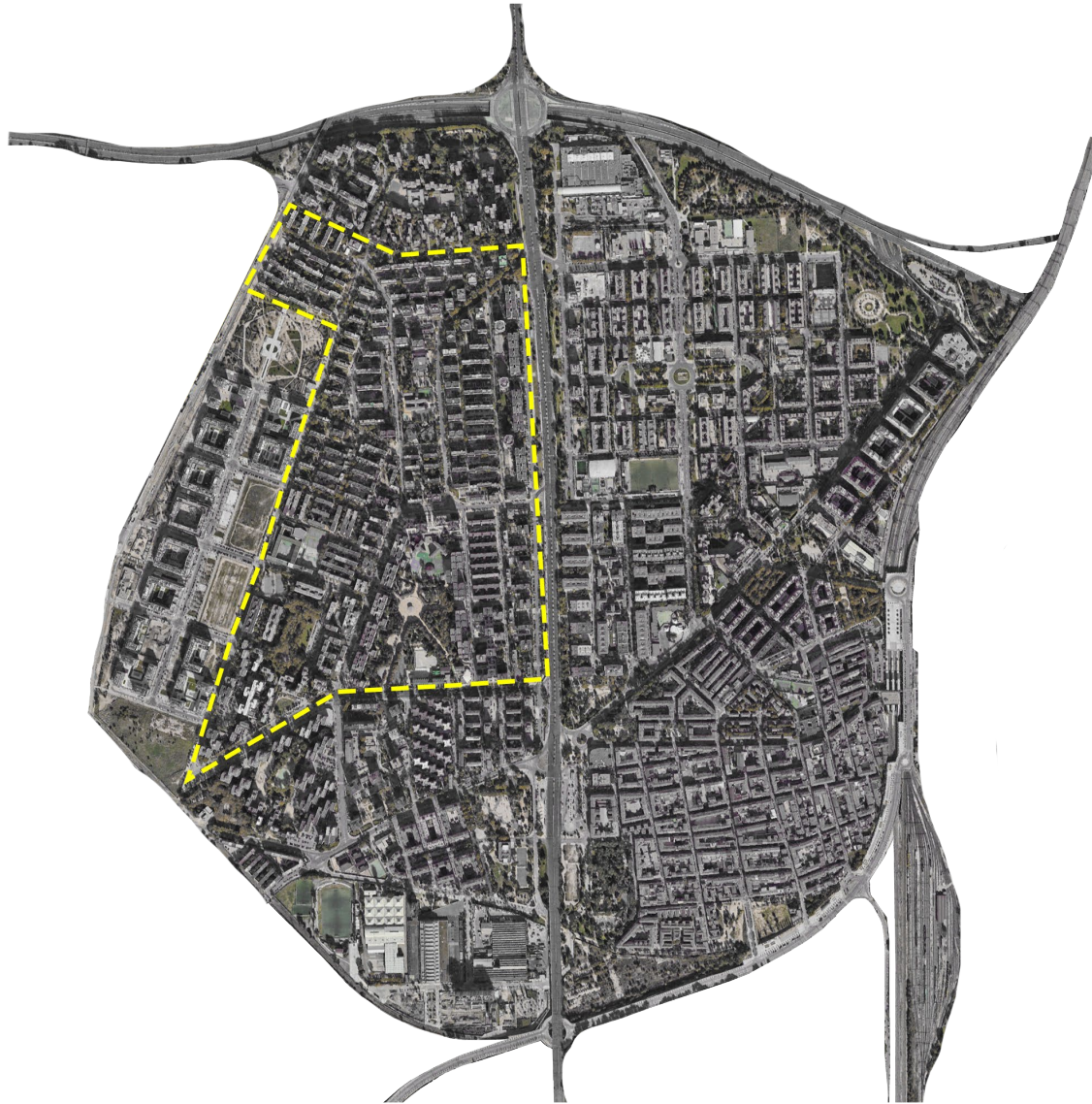


Imagen aérea del barrio
Fuente: Imagen editada de elaboración propia
sobre base de Google Earth

Este caso se llevó a cabo debido a las actuaciones que planteaba el Plan Estatal de Vivienda entre los años 2005 y 2008, donde se indicaban Áreas de Rehabilitación Integral para mejorar la calidad de las residencias y del espacio urbano. Se encontraba además dentro del Plan de Vivienda de la misma fecha, donde se catalogó como Zona de Rehabilitación Integral (Morcillo, 2014). Ambas etiquetas llevaron a la obtención de varias ayudas de orden público, dando oportunidad para solventar los problemas que la zona acarrea.

Localización	Ciudad de los Ángeles, límite sur de Madrid
Año de construcción	Finales de los años 50
Condición	Declarado ARI y ZRI en 2005
Superficie del ámbito	59.6 Ha
Número de viviendas	7996 viviendas en 441 bloques de 486 existentes
Tipología	Bloques abiertos exentos de 5-8 alturas, con doble orientación.
Superficie de viviendas	70m ² de media, sin infraviviendas
Población	31465 habitantes

Fuente: Morcillo, 2014

Arriba: distribución de usos en Ciudad de Los Ángeles
Abajo: Distribución de tipologías edificatorias en Ciudad de Los Ángeles

Fuente: Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid



Residencial Comercial Dotacional Deportivo básico Zona verde



Fuente: Foto 1, Construable Foto 2, 3, La Razón Foto 4, 5, 6, 7, 8, Portal Web Ayto Madrid



Imagen de edificio previo a la rehabilitación.

Fuente:
Portal Web Ayto. Madrid

Problemas existentes

- Estabilidad estructural (grietas) afectando a la cuarta parte de los edificios, debido a la incorrecta elección del tipo de cimentación para el terreno existente (arcilloso y material de relleno, con cimentación escasa).
- Confort térmico: renovación necesaria del 90%. Materiales de baja calidad.
Hojas exteriores de un único material en una hoja, sin cámara de aire o aislamiento, produciendo condensaciones.
- Sin condiciones de ahorro y eficiencia energética exigidas en la actualidad.
- Accesibilidad urbana (barreras arquitectónicas en el 70% de los edificios y diversidad de cotas en el terreno) y edificatoria (la mitad de los edificios no poseen ascensor).
- Instalaciones de servicio obsoletas y en mal estado
- Infraestructuras urbanas en mal estado
- Escasez y deterioro de zonas verdes, áreas de juego infantiles o de tercera edad.
- Imagen urbana heterogénea, con múltiples intervenciones en el tiempo.



Ante los problemas especificados se establecieron una serie de medidas en la zona:

- Intervención y mejora de la cimentación para garantizar la durabilidad del edificio y adecuar la cimentación al terreno. Se resuelve con micropilotaje y mejora del terreno a través de la inyección de resinas.
- Tratamiento térmico de envolvente del edificio a través de aislamiento: en cubierta paneles aislantes y ventilación, sistema SATE de 6cm en fachada, proyección de poliuretano y ventilación en forjado sanitario (en casos de losa apoyada no se ha alterado debido al alto coste que supone); sustitución de las carpinterías exteriores por dobles vidrios con baja emisividad; implantación de parasoles en la fachada sur.
- Sustitución de las instalaciones que dan servicio al edificio, como saneamiento, fontanería y electricidad, mejorando el rendimiento y ahorro energético.
- Renovación y rehabilitación del espacio público y el mobiliario urbano, añadiendo espacios de interacción social
- Mejora en accesibilidad: instalación de ascensores y rampas y sustitución de escaleras
- Incorporación de criterios medioambientales en todo el ámbito, debido en gran parte al requisito que exigían las ayudas económicas de rehabilitación del Plan de Viviendas
- Homogeneización de las fachadas, saneado o por sistemas SATE, unificación de color.



Imagen de edificio tras la rehabilitación.

Fuente:
Portal Web Ayto. Madrid

4.2.3 REHABILITACIÓN DEL BARRIO DEL AEROPUERTO (MADRID)

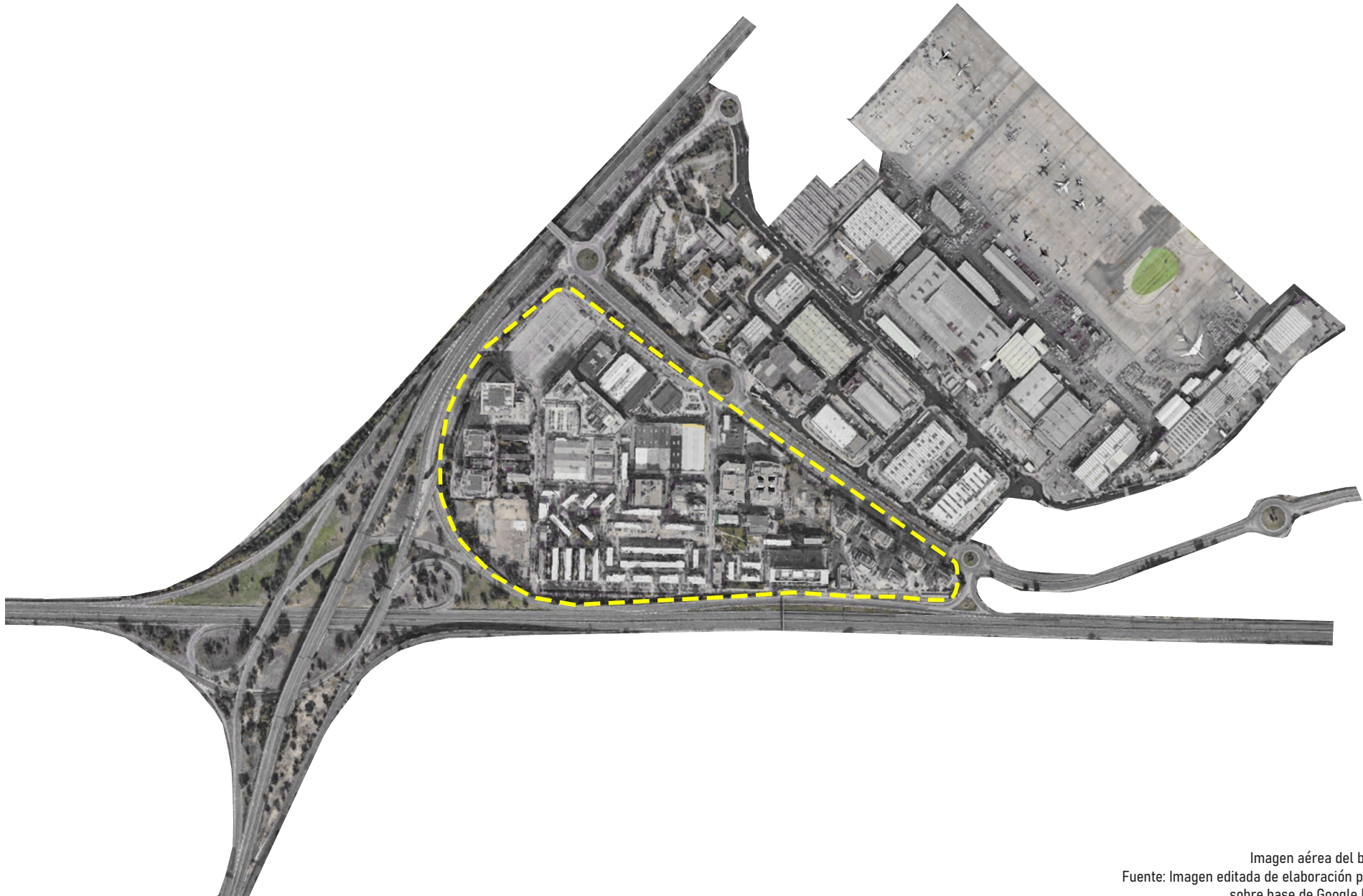


Imagen aérea del barrio
Fuente: Imagen editada de elaboración propia
sobre base de Google Earth

El caso del Barrio del Aeropuerto fue llevado a cabo por José Luis López Delgado (CREA Arquitectos Consultores) y Mireya Oyarbide (Estudio Reguart), arquitectos seleccionados por la Asociación de Vecinos del Barrio, quienes fueron clave en el proceso debido a la gran implicación que tuvieron en la gestión de la rehabilitación.

Hubo tres niveles de administración pública, donde intervinieron el Plan Madrid Recupera por parte del Ayuntamiento de Madrid, el Plan Estatal de Vivienda y el Fondo de Re-equilibrio Territorial, quienes aportaron ayudas económicas para llevar a cabo el proyecto.

El caso de proyecto consta de 36 edificios residenciales de los años 60, de los cuales 34 poseen escasas modificaciones respecto del planteamiento original.

Por tanto, las necesidades pueden englobarse en espacios libres y edificios (Construible, 2019).

Abajo, imagen de la calle Garganchón, previa a la intervención, donde se observa uno de los principales inconvenientes de la zona, la excesiva ocupación del automóvil en las calles, quitando espacio al peatón, el cual posee pasos excesivamente estrechos.

Localización	Barrio del Aeropuerto, Madrid, área este. Sur del distrito de Barajas y al norte de la A-2
Año de construcción	Años 60
Superficie del ámbito	87519 m ²
Número de viviendas	547 viviendas en 36 bloques
Tipología	4 tipologías diferentes
Presupuesto	601144.03

Fuente: Construible





Imágenes del estado previo. Fuente: Construible

Infografías de proyecto. Fuente: Construible

Problemas existentes en espacios libres:

- Falta de drenaje y deficiencias en red de saneamiento, lo que conlleva inundaciones en el barrio.
- Espacios libres sin urbanizar ni tratamiento.
- Irrupción de los vehículos correspondientes al polígono colindante, el cual se proyectó de manera coetánea a los edificios de viviendas.

Problemas existentes en los edificios:

- Estructura: muros de carga con asentamientos.
- Deterioro de la envolvente del edificio, con varias reparaciones visibles en el tiempo. Apertura de huecos sin planeamiento y de manera indiscriminada.
- Falta o ausencia de aislamiento térmico
- Degradación de los acabados exteriores, produciendo filtraciones ante la falta de impermeabilización. Pérdida de su función e imagen degradada.

Para abordar todos estos problemas se llevaron a cabo una serie de trabajos previos: el primero y más importante fue la comunicación y alta participación de los vecinos, quienes consiguieron sacar adelante el proyecto de rehabilitación.

Se realizaron además estudios de termografía y blower door, consiguiendo con ello una realidad visual de aquello que no se puede ver a simple vista, como las pérdidas energéticas en el aire, dando un contexto y concienciación a los vecinos.

Mencionaba José Luis Cabañete, presidente de la Asociación:

“No ha sido fácil poner en marcha esto, ni convencer a los residentes para hacerlo. No tuvimos atención por mucho tiempo, así que no creímos que esta vez fuese diferente” (Deutsche Bank, 2022; Martínez, Morales, 2021)

Propuestas y objetivos:

- Intervención en la envolvente de los edificios: sustituyendo las carpinterías y vidrios, pero aprovechando los cercos existentes para reducir los tiempos de puesta en obra; imposición de un aislamiento continuo en la envolvente térmica del edificio (SATE); paneles sándwich en cubierta y retiro del fibrocemento.
- Aumento de la calificación energética en 2 escalones, consiguiendo un ahorro del 60% en la demanda e incrementando el valor de los inmuebles.
- Intervención en casos de asientos estructurales en casos que procede.
- Regeneración del espacio urbano, haciéndolo más accesible.
- Propuesta de zonas verdes que eviten la aglomeración de vehículos y hagan el entorno más amable.

El proyecto a partir de intervenciones sencilla en el ámbito técnico, ha conseguido que se dejen de emitir 1000 toneladas de CO² al año, mejorando las condiciones de habitabilidad, funcionalidad, confort y calidad.



Imágenes ensayos 2018. Fuente: Construible

Los vecinos han recibido varias ayudas para llevar a cabo la rehabilitación, la primera dentro del Plan Estatal de la Vivienda 2013-16, iniciativa conjunta del Ministerio de Fomento, C.Madrid y el Ayto de Madrid, recibiendo 604000€ en subvenciones. Por otro lado, por parte del FRT 2018 (Fondo de Reequilibrio Territorial) el MAD-RE 2017 Y 2018, CON 10.6 millones, de los que 10 eran del Ayto. por lo que los gastos han sido cubiertos totalmente por subvenciones. (Ayuntamiento de Madrid, 2021)



Estado reformado. Fuente: Ayto. Madrid, 2021

4.2.4 REHABILITACIÓN DEL BARRIO DE CORONACIÓN (VITORIA)

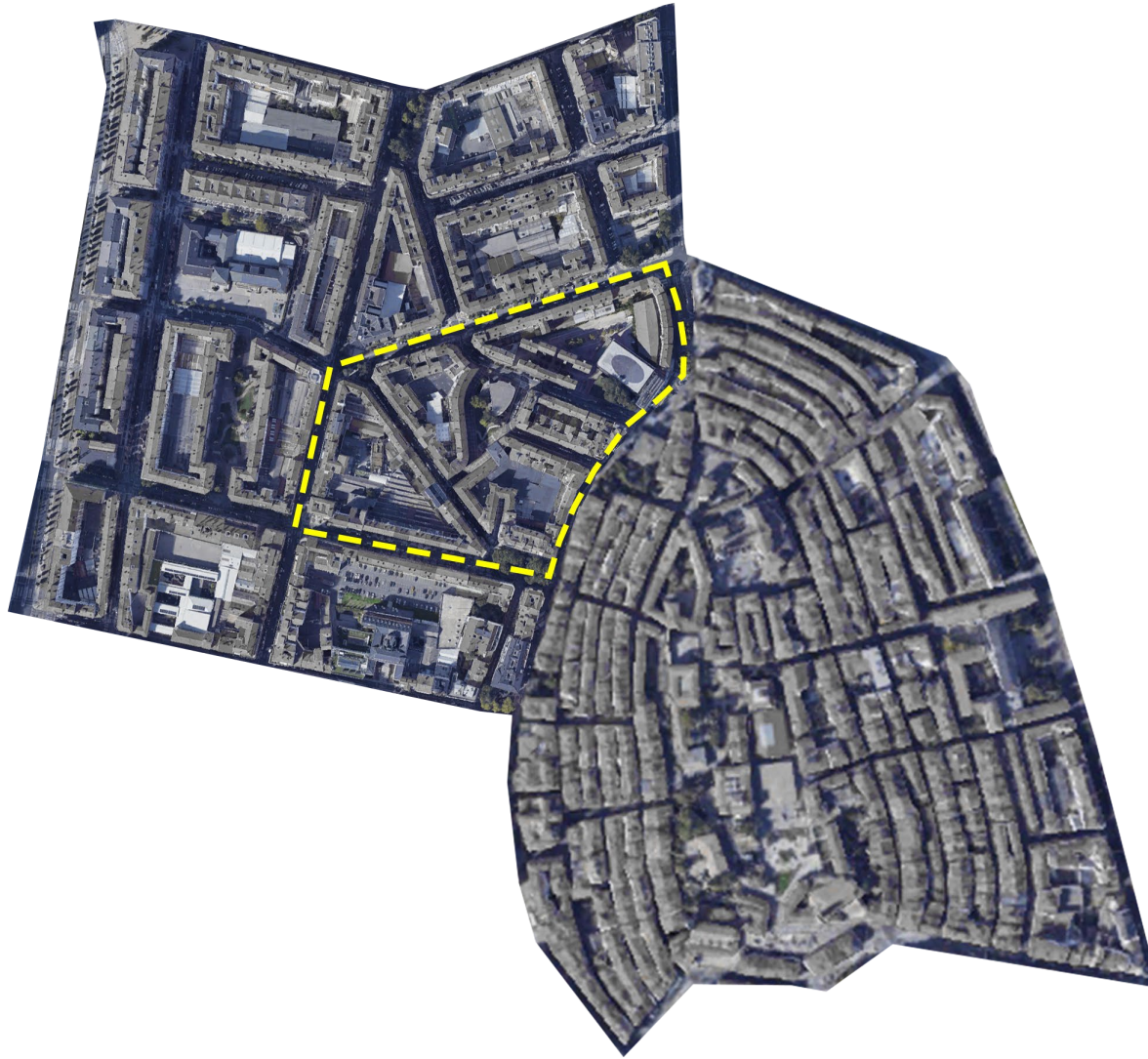
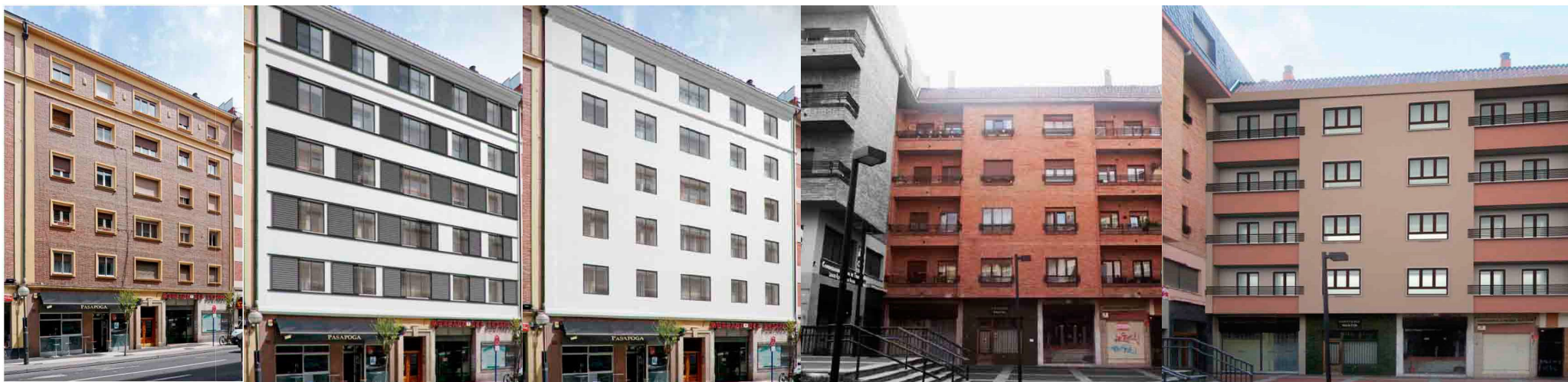


Imagen aérea del barrio
Fuente: Imagen editada de elaboración propia
sobre base de Google Earth



Comparativa de imágenes de estado previo y propuesta
Fuente: Ayto. de Vitoria-Gasteiz

Localización	Barrio de Coronación, Vitoria, zona más cercana a Casco Viejo
Año de construcción	Años 60 y 70
Condición	Identificado como barrio más vulnerable en el Diagnóstico de necesidades de intervención en la renovación de los edificios residenciales en el País Vasco (2011)
Superficie del ámbito	9 Ha
Número de viviendas	608 viviendas en 39 bloques, ampliable a 1305
Tipología	Bloques abiertos exentos y manzanas cerradas de 5-8 alturas
Presupuesto	29.566.798 € (21000€ por vivienda)

Fuente: Ayto. de Vitoria-Gasteiz

Problemas existentes

- Confort térmico: renovación necesaria de la envolvente térmica.
- Sin condiciones de ahorro y eficiencia energética exigidas en la actualidad.
- Accesibilidad urbana.
- Instalaciones de servicio obsoletas y en mal estado
- Espacio público con necesidad de regeneración.
- Imagen urbana en desuso, necesidad de renovación.

Concepto “red de calor” o “District Heating”:

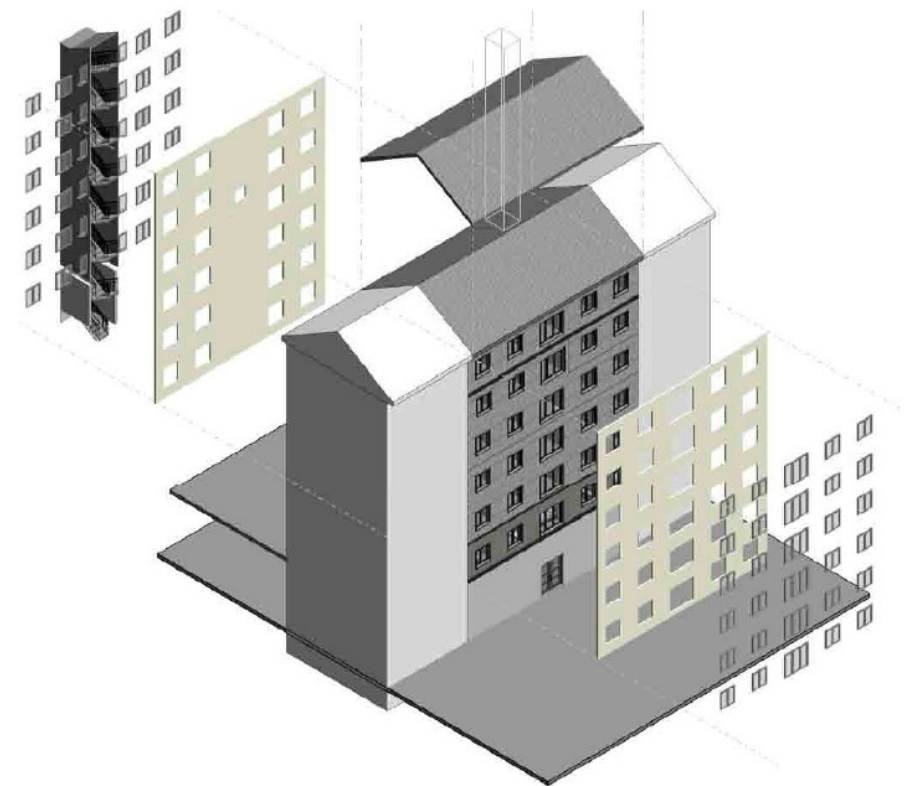
Sistema por el que los vecinos dispondrán de calefacción y agua caliente sanitaria a partir de un sistema eficiente y de energías renovables, la biomasa.

La conexión se efectúa desde el punto más próximo a la edificación, llevando el calor a una subestación de transmisión térmica dentro de cada vivienda, en el lugar de la caldera previa. La medición de consumo es individualizada.



Propuestas y objetivos:

- Rehabilitación energética de la envolvente térmica de las viviendas, buscando reducir las pérdidas de calor y la mejora del confort y la habitabilidad.
- Reducción de las emisiones de CO2 y la demanda energética en un 50%
- Renovación de la imagen pública de los edificios, generación de un nuevo paisaje urbano.
- Incorporación de tecnologías eficientes y energías renovables como exigencia de la Unión Europea, llevando a una reducción del coste económico de calefacción y las emisiones de gases de efecto invernadero. Se introduce una instalación de calefacción urbana de biomasa 100% renovable, que cubre la totalidad de la demanda energética en al menos 750 viviendas. Esto es lo que Europa denominaba "red de calor", elemento obligatorio para que el proyecto fuera subvencionado.
- Renovación de los espacios públicos a partir de la participación de los vecinos en talleres donde se decidieron sus características: renovación de calles y plazas.
- Fomento de la utilización del vehículo eléctrico, apoyando de distintos modos la adquisición y uso de estos, además de crear puntos de carga.



5. LOCALIZACIÓN Y CASO DE ESTUDIO

5.1 ANÁLISIS PLANIMÉTRICO

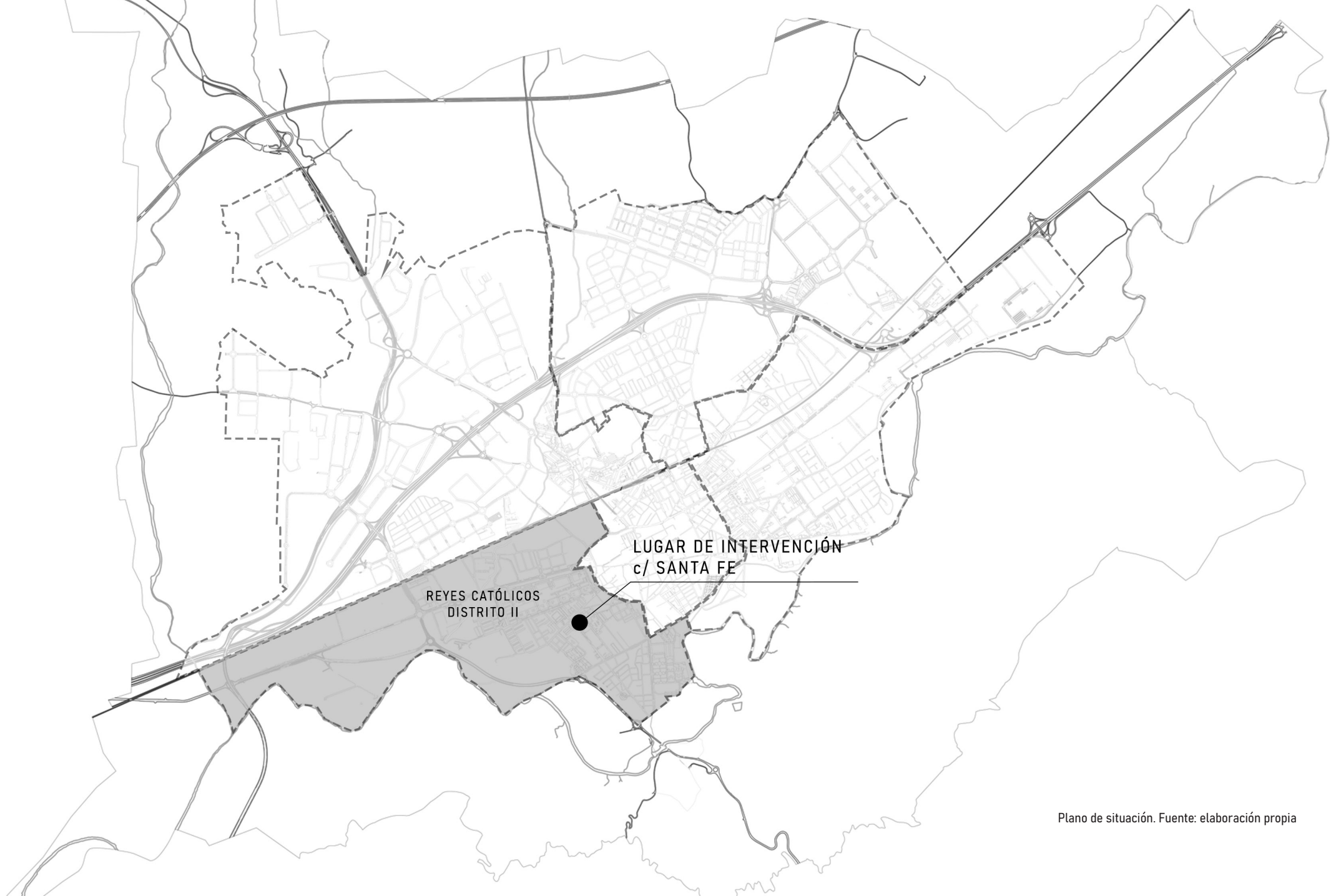




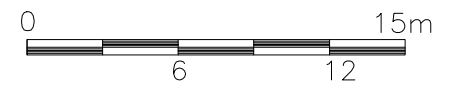
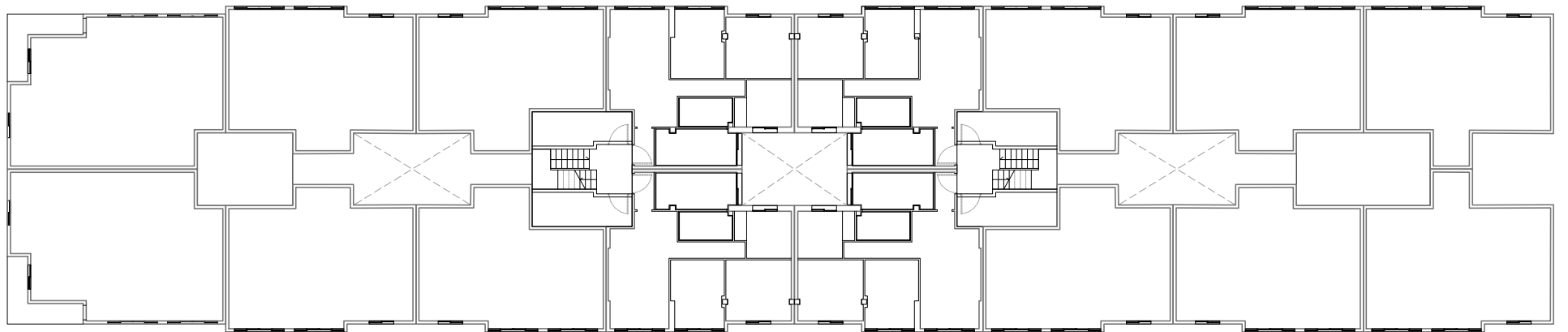
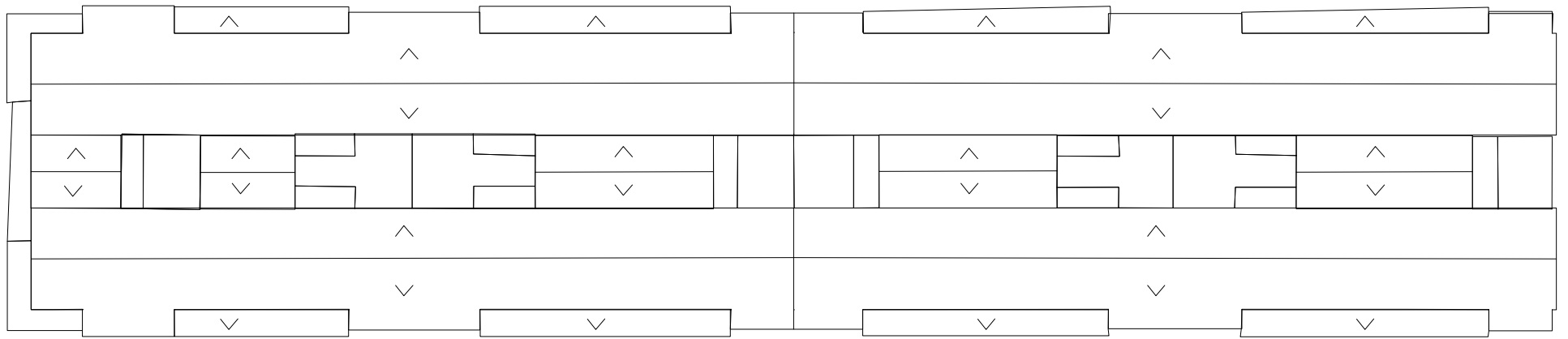
Imagen editada, elaboración propia. Fuente: Google Earth

El presente análisis posee el objetivo de sentar las bases de estudio para lograr la optimización energética en el proyecto de adecuación del complejo residencial existente en la calle Santa Fe, localizado en la de ciudad de Alcalá de Henares (Madrid).

La zona presenta una serie de bloques de viviendas adosados, presentes a lo largo de la citada calle y agrupados en lotes de 3 bloques. Cada bloque posee 5 plantas de altura (planta baja comercial más cuatro residenciales) con 4 vivien-

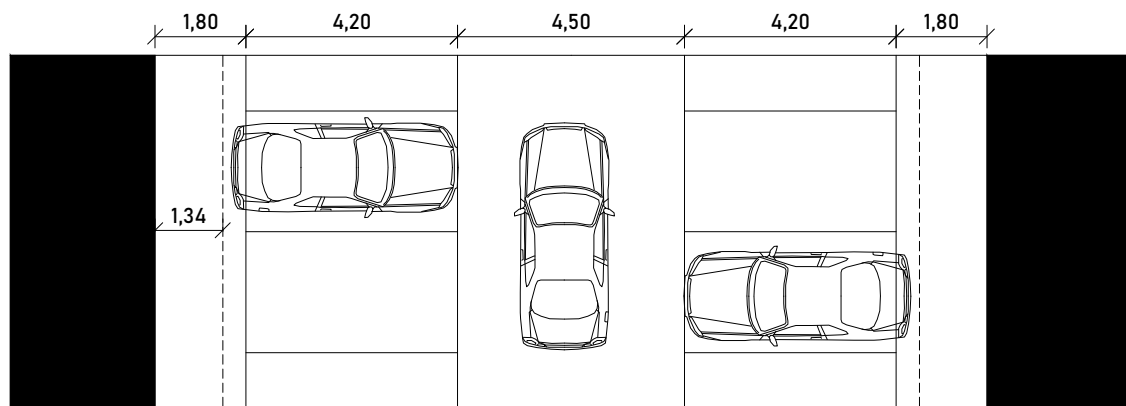
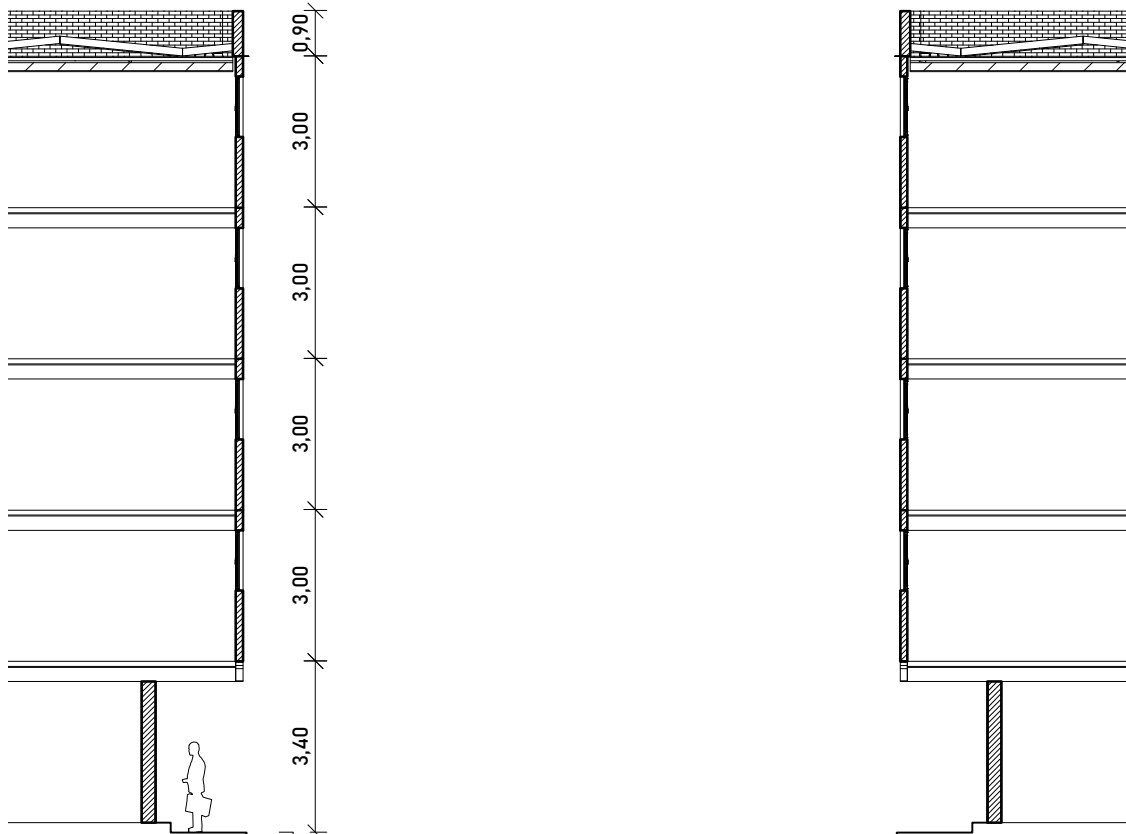
das por planta y distribuciones similares en general.

Desde el estudio de la zona y la propia experiencia residencial en el lugar, se han identificado una serie de medidas de eficiencia energética que serán caso de estudio en el presente documento, con el fin de valorar una serie de medidas que conlleven una rehabilitación sostenible óptima y eficiente desde el punto de vista de la rentabilidad económica, energética y social.

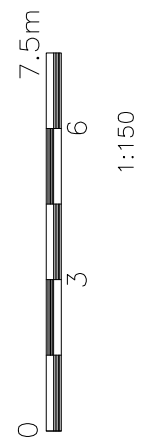


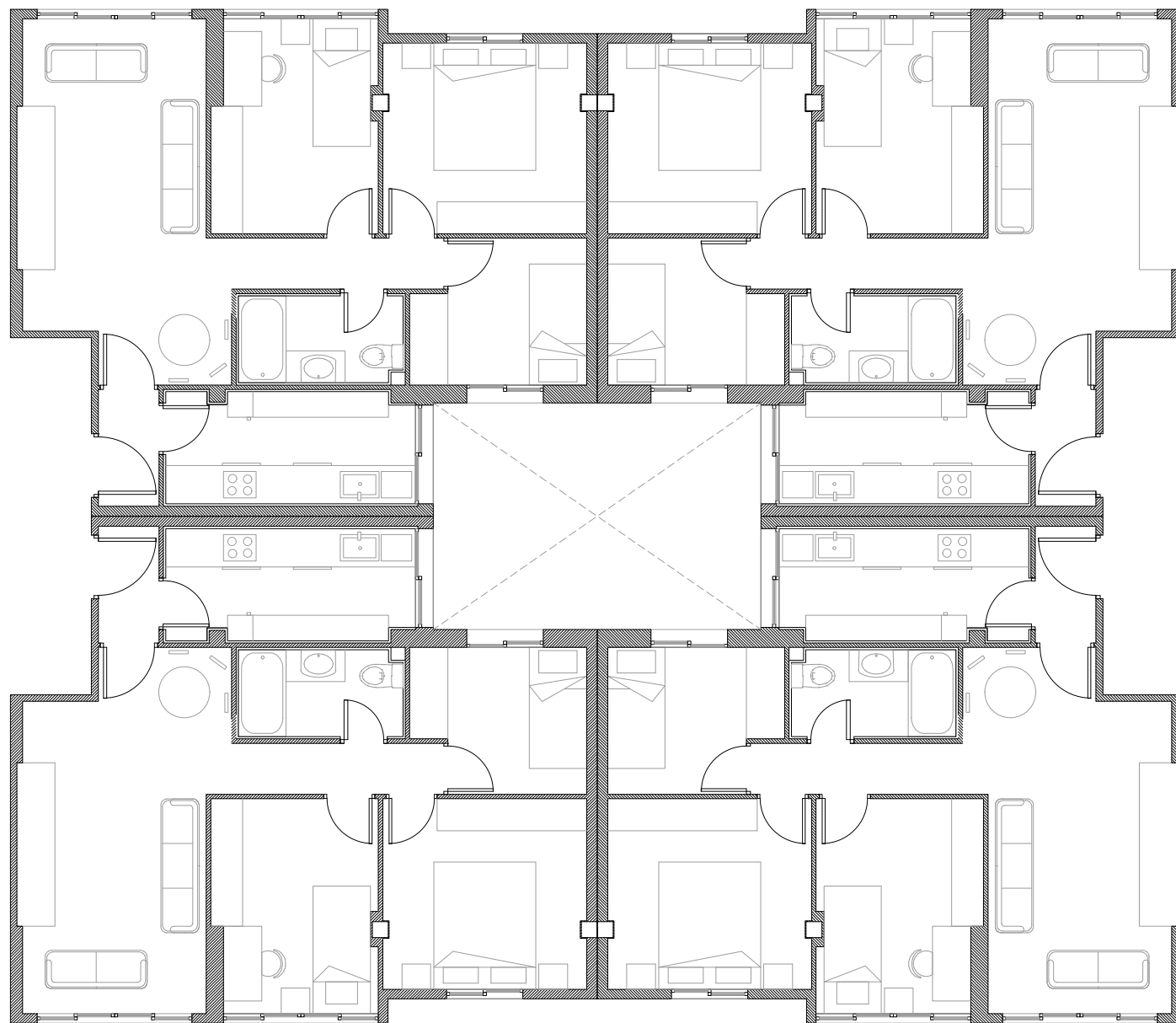
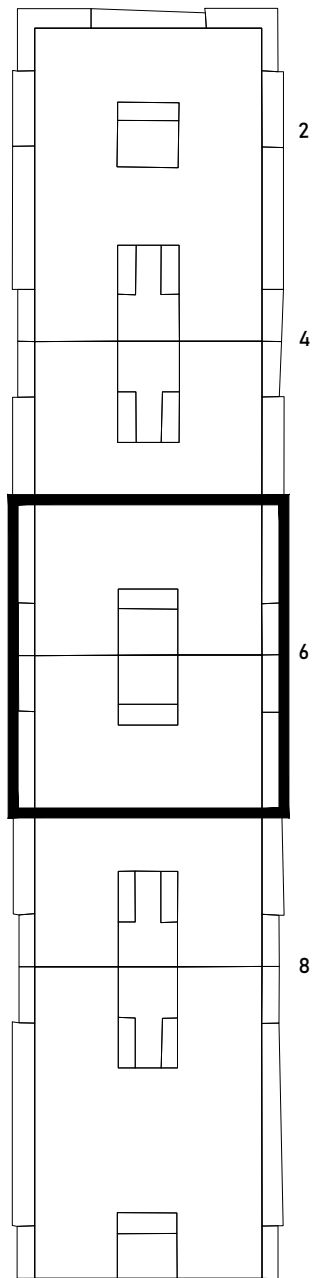
1:300

Planta de bloque y plano de cubiertas. Fuente: elaboración propia

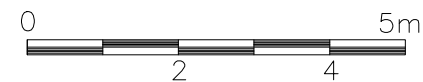


Planta, sección y fotografías de la calle. Fuente: elaboración propia

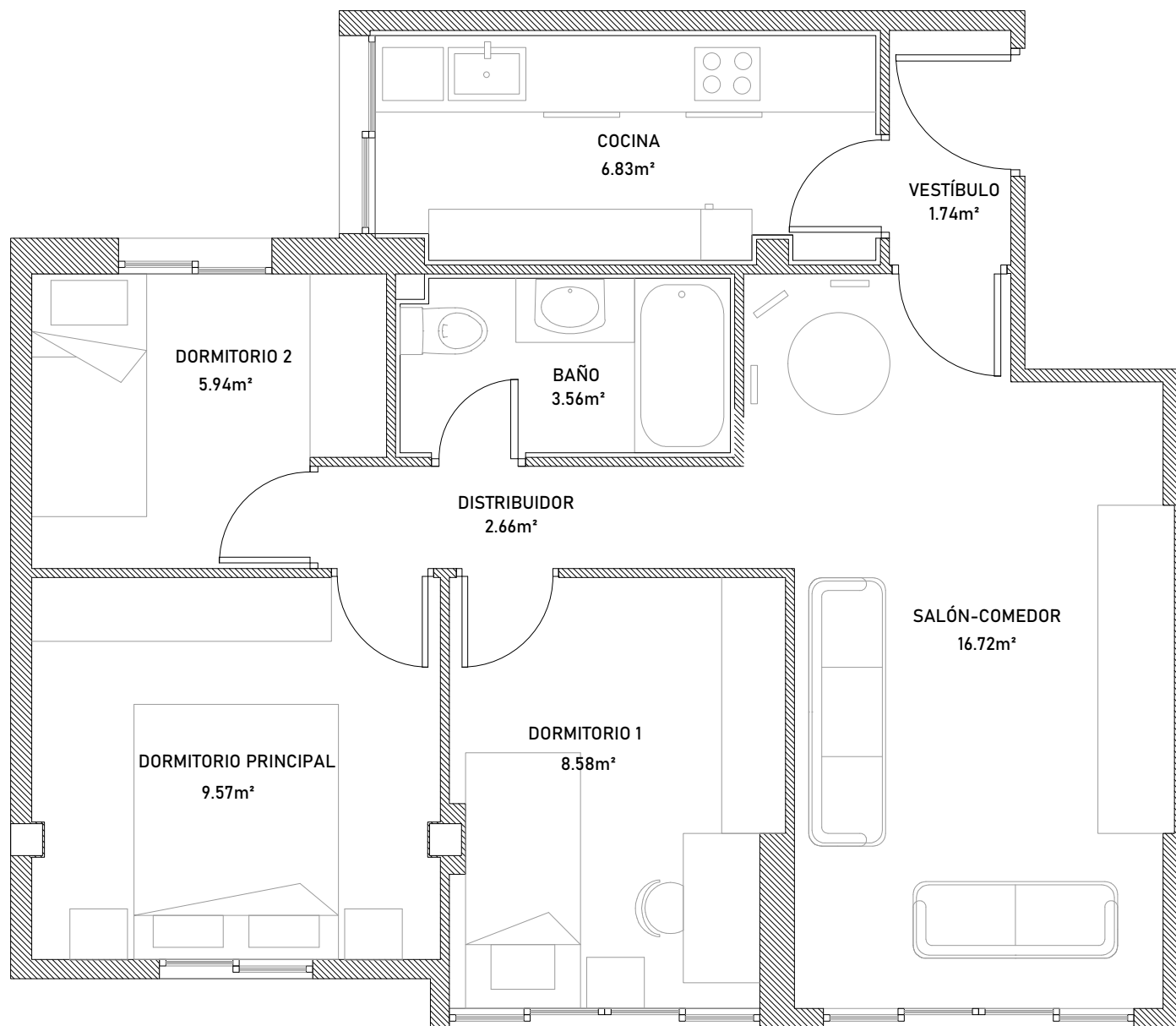




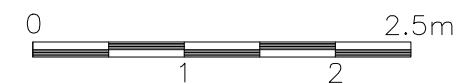
Planta de bloque de viviendas. Fuente: elaboración propia



1:100



ESTANCIA	ÁREA
VESTÍBULO	1.74m ²
COCINA	6.83m ²
SALÓN-COMEDOR	16.72m ²
DISTRIBUIDOR	2.66m ²
BAÑO	3.56m ²
DORMITORIO 1	8.58m ²
DORMITORIO 2	5.94m ²
DORMITORIO PRINCIPAL	9.57m ²



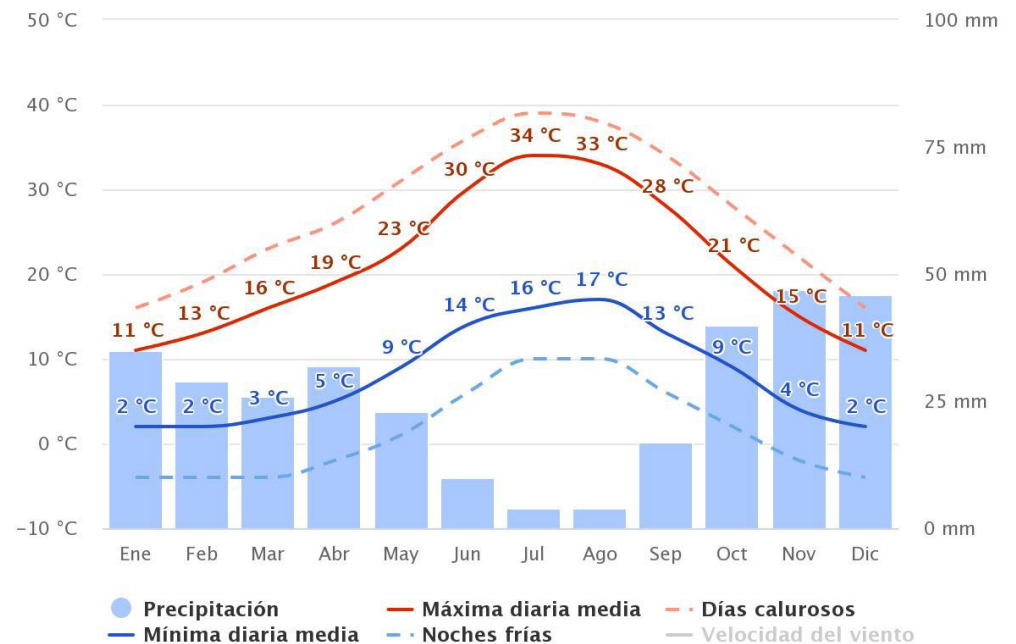
1:50

5.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO - CLIMATOLOGÍA

Como primer caso, se procede al análisis de las características climatológicas de la zona, puesto que las condiciones de la ciudad son fundamento de las solicitudes exteriores de las viviendas que se estudian, incidiendo en datos de temperatura exterior, humedad, radiación, dirección y velocidad del viento. El CTE, en el Documento Básico de Ahorro Energético, establece las condiciones para el control de la demanda energética en su apartado primero (CTE-DB-HE1).

La localidad de Alcalá de Henares pertenece a la zona climática D3 y se entabla en un clima continental, caracterizado por temperaturas extremas. Los inviernos tienden a ser largos y fríos, llegando a temperaturas bajo cero, mientras que los veranos son secos y poseen temperaturas muy altas, superando los 30°C. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 10 y 20°C, con máximas de 30-35° C en los meses de verano y mínimas de 0°C en invierno, tal como muestra el diagrama adjunto.

Diagrama precipitaciones-temperatura.
Fuente: Meteoblue



El diagrama de precipitaciones nos muestra como estas no son abundantes en el tiempo, siendo predominantes en los meses de abril y noviembre, es decir, en los periodos de transición entre los meses más cálidos y fríos, aunque es octubre el mes con mayor probabilidad de lluvias.

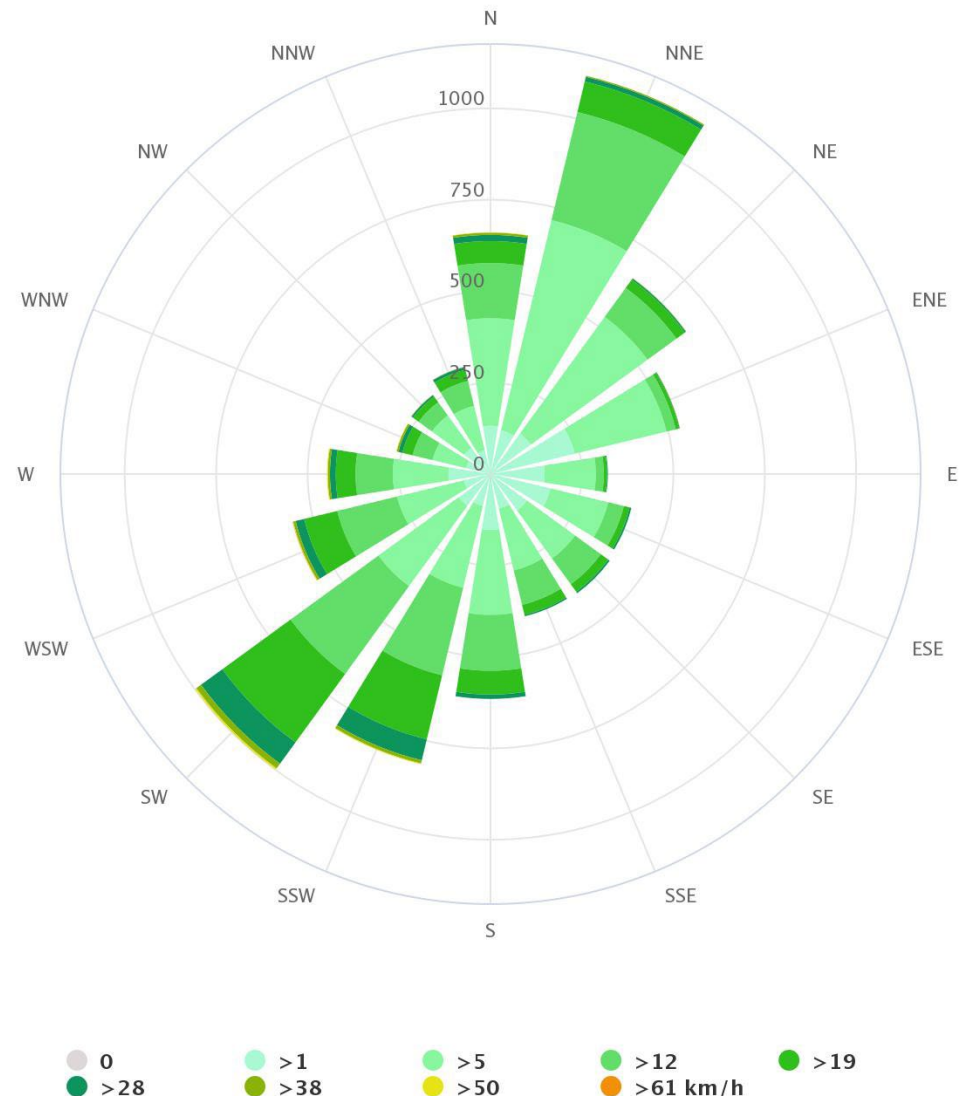
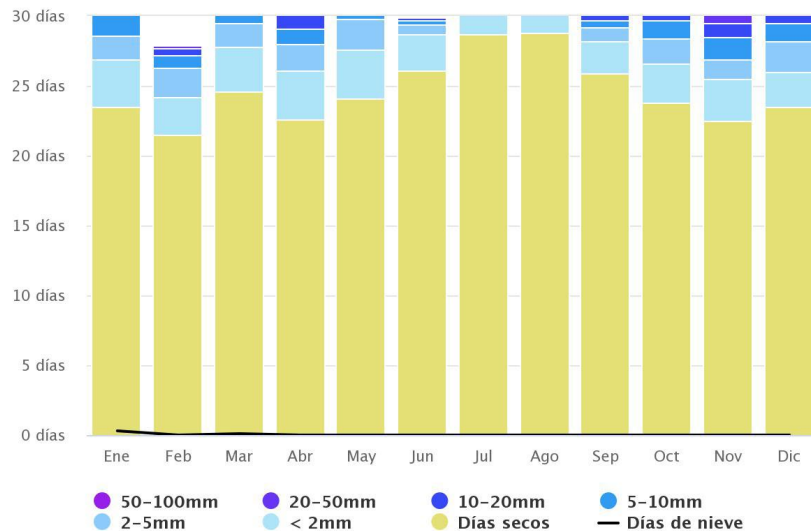
La intensidad de las lluvias no se considera alta en términos generales.

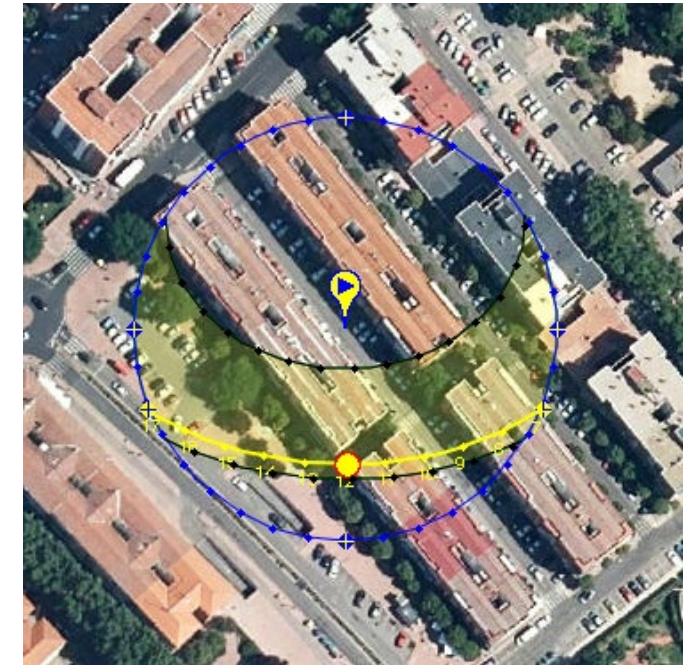
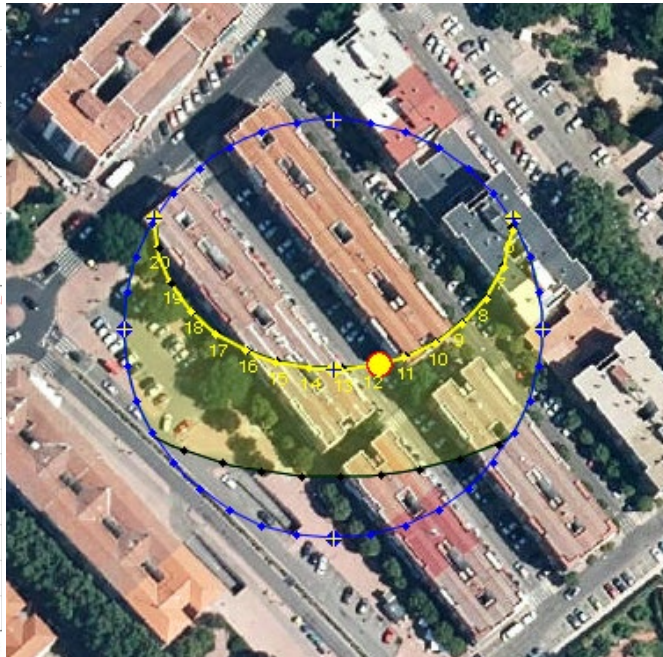
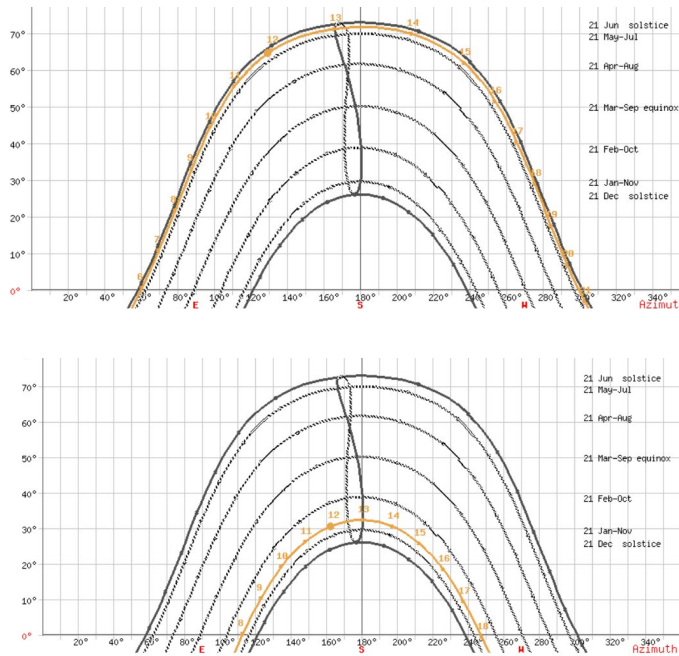
En cuanto al diagrama de la derecha, se muestra la rosa de los vientos de la ciudad, dando información importante acerca de la dirección y velocidad de los vientos.

Dado que la población se localiza en un valle, los elementos topográficos condicionan su direccionalidad, de ahí la predominancia de los vientos NNE-SW.

Son estos también los que poseen mayor velocidad, por lo que serán los considerados en el análisis de la rehabilitación.

Abajo: cantidad de precipitaciones
 Derecha: rosa de los vientos
 Fuente: Meteoblue





Cartas solares Fuente: SunEarthTools

Hablando de soleamiento, este emite energía en forma de radiación electromagnética que a nosotros nos llega en forma de calor, es decir, por la transferencia de energía a través del movimiento de átomos y moléculas. (Coellar, 2013)

En los edificios se presentan tres tipos de transmisión de calor:

- 1 - Conducción, relacionada con la masa del material, lo que lleva a que los metales sean altos conductores de calor, mientras que la madera (por ejemplo) no lo es, actuando como lo que llamamos aislante térmico.
- 2 - Convección, que aparece con el movimiento de la materia, propagando el calor en el fluido. La correcta utilización y orientación de las corrientes lleva a favorecerse de este sistema, por ello, los materiales que no permiten el movimiento del aire son aislantes, como la lana de vidrio.
- 3 - Radiación, al absorber las ondas electromagnéticas, estas se convierten en calor.

Estos procesos se estudian a través de las llamadas cartas solares. Son impres-

cindibles en el diseño de un edificio y en su rehabilitación, dado que las posiciones del sol y la orientación llevan a métodos de diseño distintos. Infiere directamente en el clima, modificando la temperatura y la humedad, y, con ello, a la vegetación. De hecho, el correcto diseño del edificio hace que nos favorezcamos del soleamiento. Los periodos de incidencia del sol sobre la edificación conllevan un tratamiento distinto de la envolvente, con lo que una fachada al sur no será igual que una al norte, dado que el grado de incidencia solar es totalmente distinto.

En las figuras a la derecha, observamos como según la época del año, el sol incide de maneras diferentes a la misma hora, ya que su recorrido es variable en el tiempo debido a su órbita elíptica. Estos diagramas son de gran ayuda en el análisis de soleamiento y en la manera de intervenir sobre la edificación (esquemas de producción propia en el programa Revit 2021).

En la figura superior aparecen la carta solares de la zona a analizar. Se centra en el ciclo de verano y el ciclo de invierno, observando las grandes diferencias que existen en el recorrido del sol en puntos extremos del año.

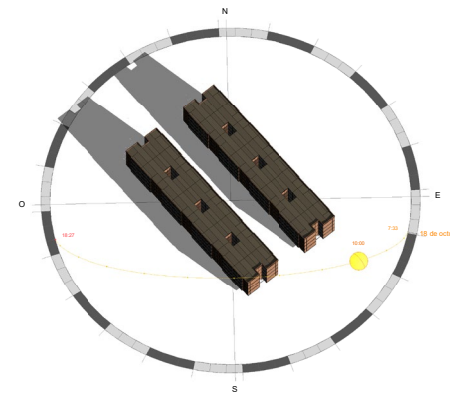
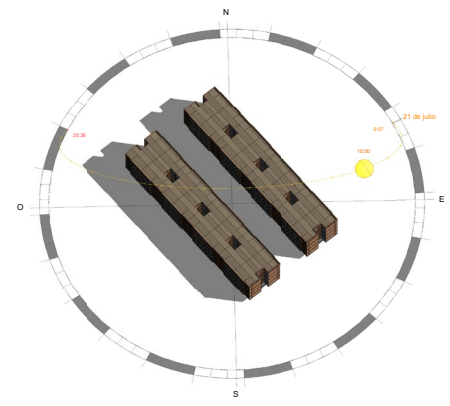
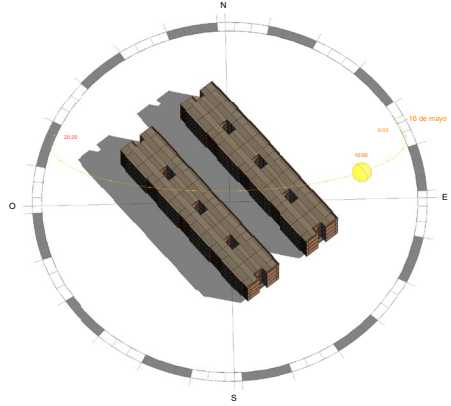
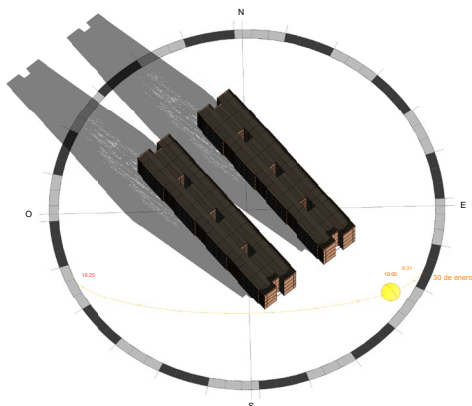
ENERO

MAYO

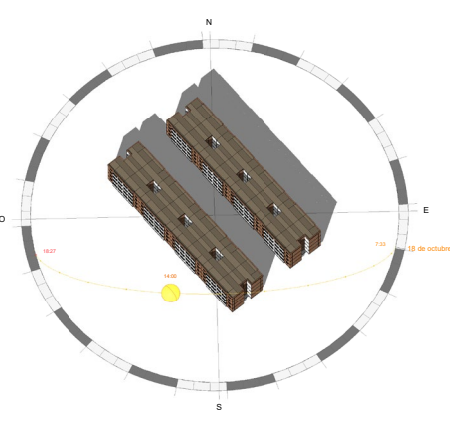
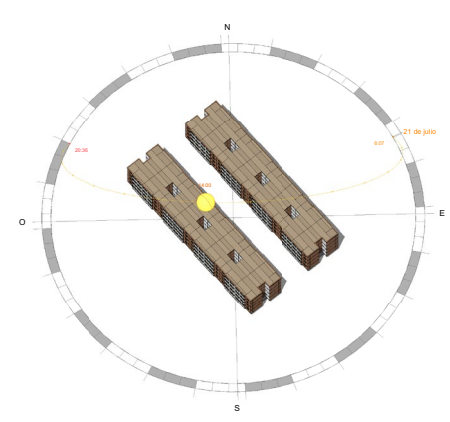
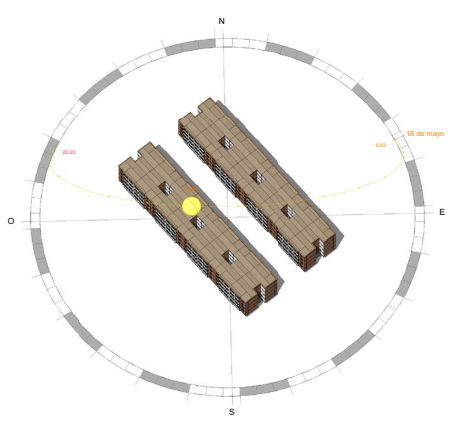
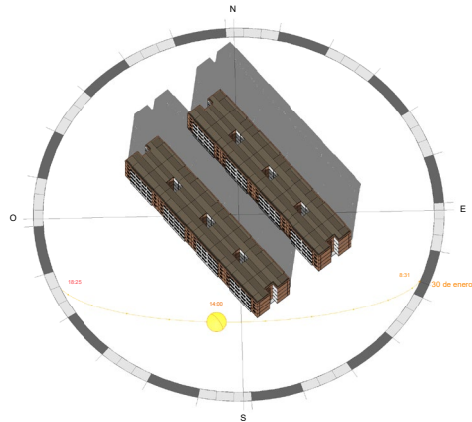
JULIO

OCTUBRE

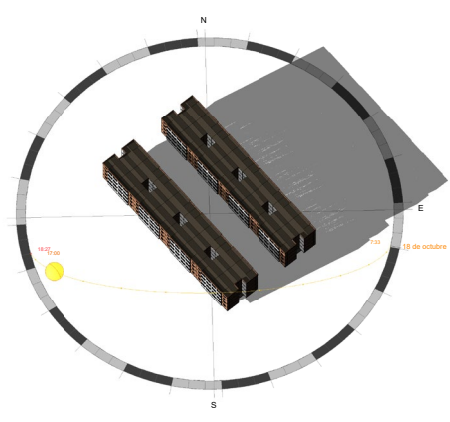
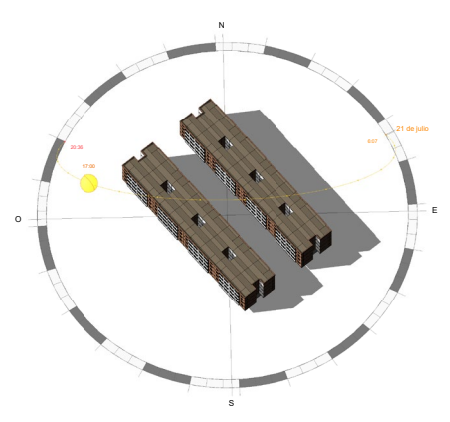
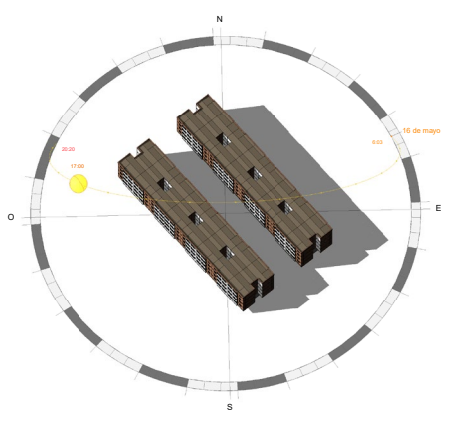
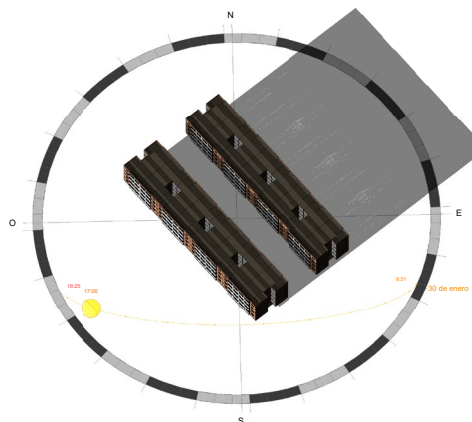
10:00h



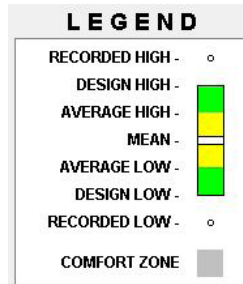
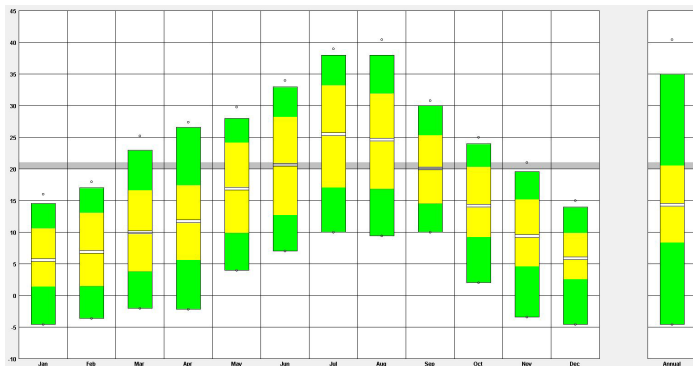
14:00h



17:00h



5.3 PROCESAMIENTO DE DATOS - CLIMATE CONSULTANT

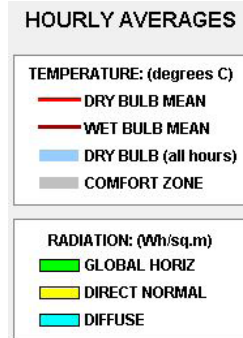
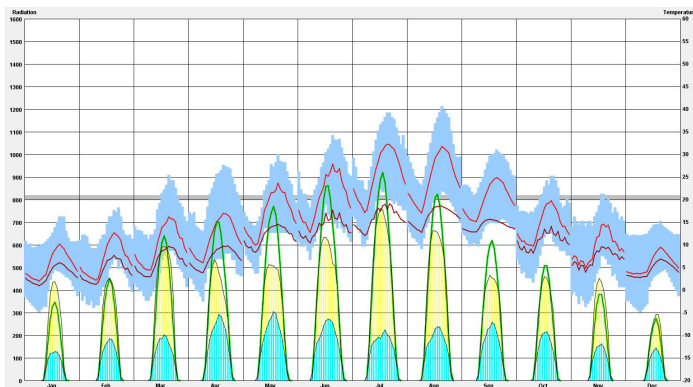


RANGO DE TEMPERATURAS

Representación de las temperaturas máximas y mínimas de todos los meses del año, y una media aproximada anual.

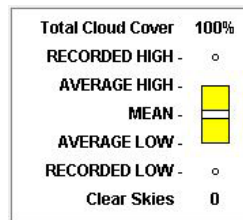
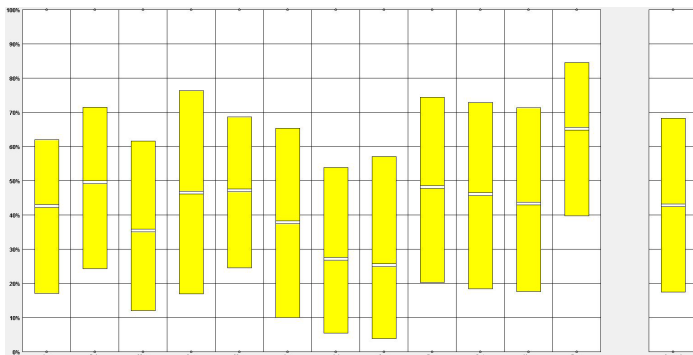
Observamos que los meses donde se alcanzan las mayores temperaturas son julio y agosto, mientras que las mínimas se alcanzan en enero y diciembre.

Estos son aspectos a considerar en el diseño de la vivienda, puesto que la energía necesaria en el interior oscilará de unos meses respecto a otros.



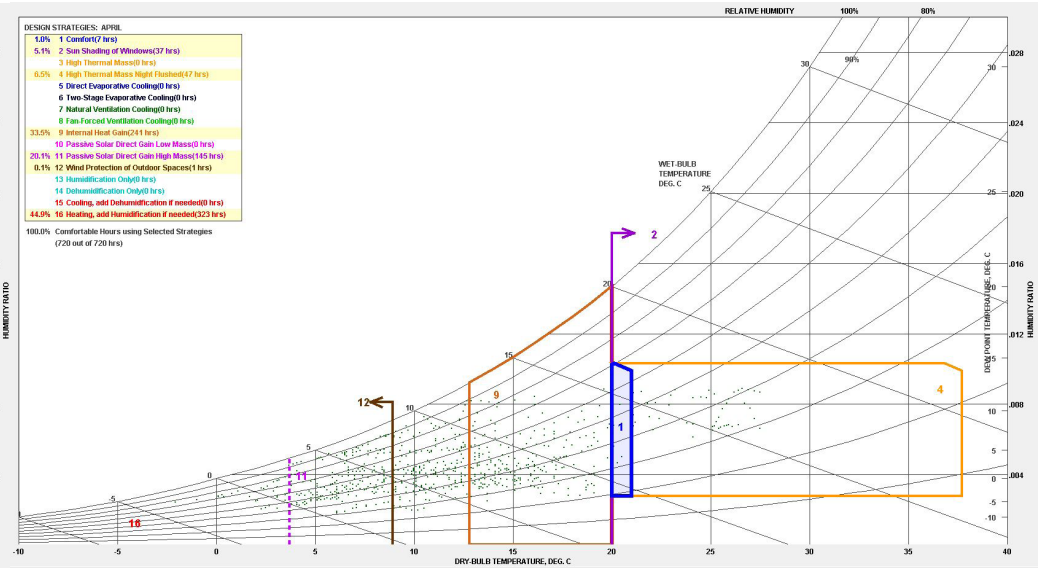
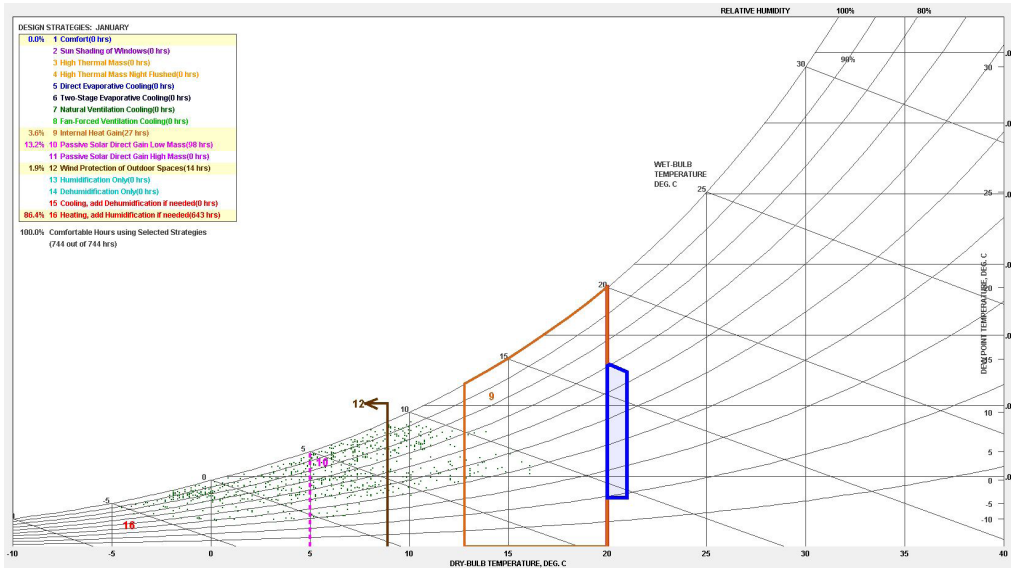
MONTHLY DIURNAL AVERAGE

Se observa la franja correspondiente con la zona de confort, comparándose con varios agentes, como el "Dry Bulb", o la temperatura ambiente, que en los meses calurosos sobrepasa la temperatura adecuada para la zona confort.



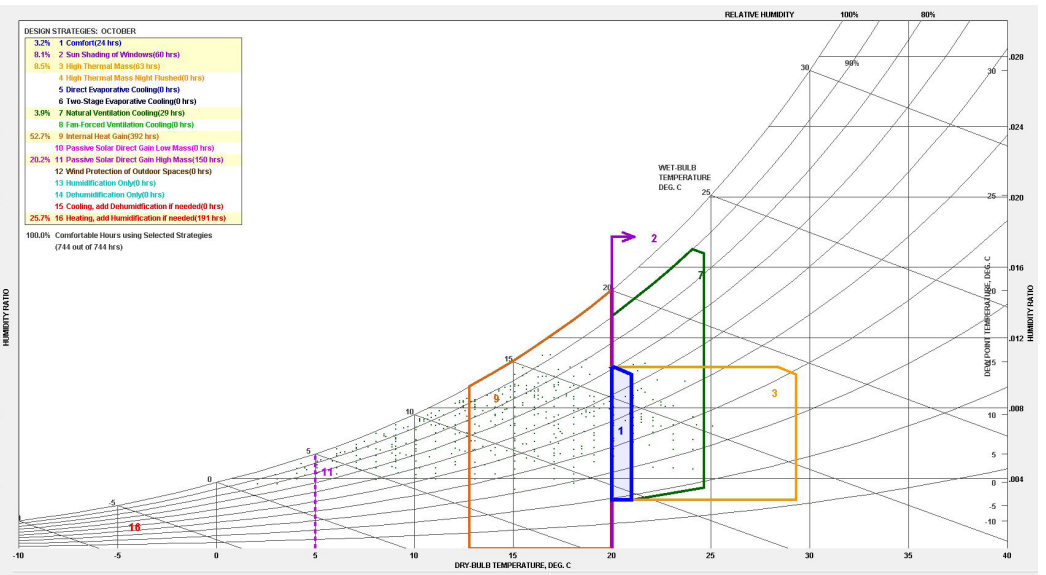
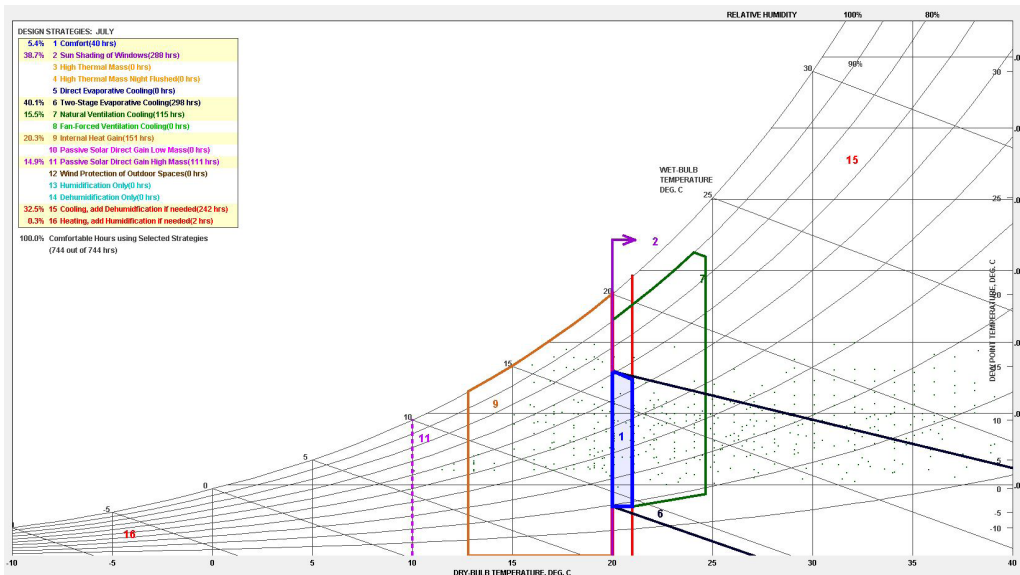
CLOUD COVER

En días despejados, es decir, sin presencia de nubes en el cielo, la temperatura puede verse reducida en gran medida en el periodo nocturno, debido a que reducen la cantidad de energía térmica que escapa de la zona en cuestión. Sin embargo, en el periodo diurno de los meses cálidos, la presencia de nubes reduce la temperatura.



Los diagramas psicrométricos son una representación gráfica de la relación entre aire y humedad, pudiendo determinar los aspectos que nos llevan a la zona de confort humano en un espacio concreto interior. Se analiza en cuatro periodos diferentes del año, observando las diferencias que existen para conseguir las condiciones de confort en el tiempo.

El programa ClimateConsultant ofrece además una serie de puntos que podemos seguir para mejorar las condiciones de interior para poder alcanzar esta zona de confort. Algunas son: crear elementos de sombra en fachada sur, propiciar la ventilación natural, disponer de carpinterías eficientes, aprovechar el soleamiento, etc.



5.4 ANÁLISIS DE USUARIOS

La calle propuesta posee usuarios establecidos en un rango de edad entre 40 y 60 años de manera general, con casos esporádicos de personas menores a 30 años, correspondientes en su mayoría a estudiantes de universidad (dado que se encuentra próximo al campus del casco histórico y bien comunicado con las principales líneas de transporte interurbano), y otra gran parte de población envejecida, con rangos de edad superiores a los 70 años. Muchos de estos poseen problemas de movilidad, algo que se ve incentivado por la ausencia de ascensores/elevadores en los bloques de viviendas, dificultando enormemente sus salidas al exterior (muchos no poseen siquiera terrazas).

Las viviendas de esta calle albergan múltiples situaciones de incapacidad para salir al exterior, conllevando la imposibilidad de realizar actos tan cotidianos como hacer la compra.

Por estos motivos, los principales objetivos de las propuestas conllevarán la adecuación en accesibilidad, el no desalojo de los usuarios y la mejora de la envolvente térmica, buscando mejorar la calidad de vida de los integrantes de esta calle.

“...el mayor problema que veo a mi piso es que no tengo ascensor, llevo 25 años subiendo la compra a un tercer piso por las escaleras y ya empieza a ser un problema...”

Encarna, portal 6

“...en verano se hace imposible vivir sin aire acondicionado, mi casa le da el sol todo el día y tengo que tener las persianas bajadas hasta que anochece, no quiero imaginar los que no disponen de aire...”

Antonio, portal 2

5.5 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

ESCALA DE CALIFICACIÓN CEV



Fuente: Minvu

Una calificación o certificación energética es una evaluación del edificio en cuestión, donde se valora el grado de consumo energético y las emisiones de carbono asociadas al propio uso o habitabilidad en el inmueble.

Se valora, de forma general, en una escala de letras, entendiendo la A como el grado de mayor eficiencia, y la G como el de menor. Con ello, pueden compararse energéticamente edificios diferentes.

La evaluación se basa en distintos aspectos del edificio, como su aislamiento térmico, el cual en rehabilitaciones energéticas suele ser inexistente, las características de las carpinterías exteriores, el sistema de climatización activa, es decir, calefacción y refrigeración, etc.

La calificación varía también según las necesidades y la funcionalidad del edificio.

Para el caso propuesto se ha empleado la Herramienta Unificada Líder Calener (HULC en adelante), la cual emplea la normativa actual del CTE para producir una certificación energética del edificio.

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	SANTAFE_ACTUAL		
Dirección	C/SANTAFE 6 - - - - -		
Municipio	Alcalá de Henares	Código Postal	28803
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1960 - 1979
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE HE 2019		
Referencia/s catastral/es	ninguno		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

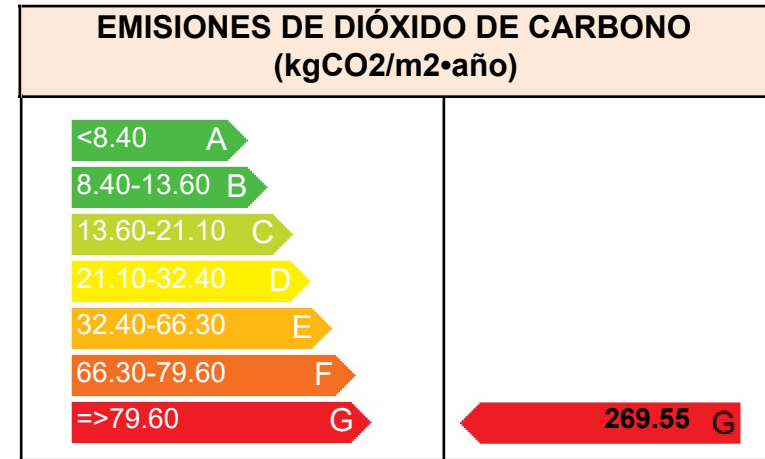
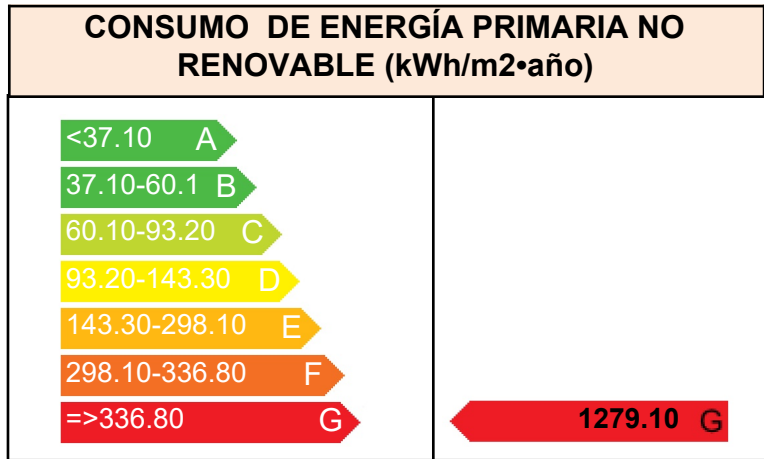
<input checked="" type="checkbox"/> Edificio de nueva construcción	<input type="checkbox"/> Edificio Existente
<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda <input type="checkbox"/> Unifamiliar <input checked="" type="checkbox"/> Bloque <input checked="" type="checkbox"/> Bloque completo <input type="checkbox"/> Vivienda individual	<input type="checkbox"/> Terciario <input type="checkbox"/> Edificio completo <input type="checkbox"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

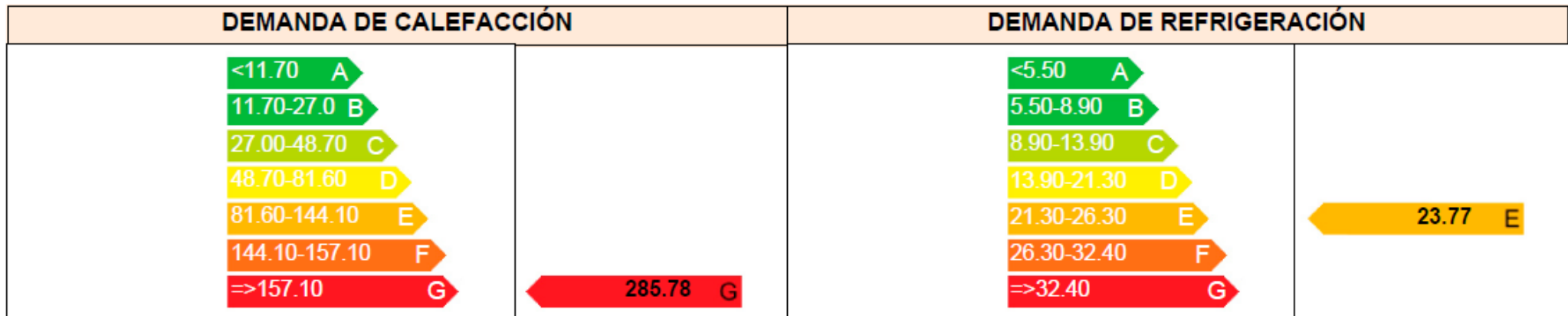
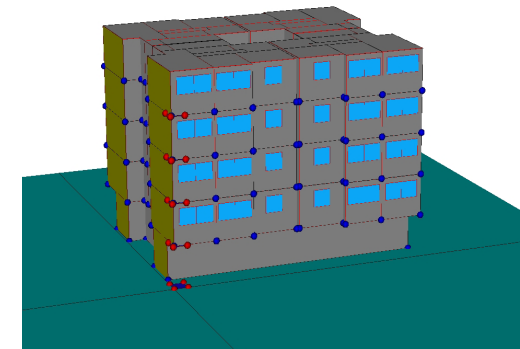
Nombre y Apellidos	JOSE MORENO RINCON	NIF/NIE	CIF
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	SANTAFE - - - - -		
Municipio	Alcalá de Henares	Código Postal	28803
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Madrid
e-mail:	-	Teléfono	-
Titulación habilitante según normativa vigente	ARQUITECTO		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.2412.1173, de fecha 11-may-2023		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m2•año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m2•año)	
<37.10 A		<8.40 A	
37.10-60.1 B		8.40-13.60 B	
60.10-93.20 C		13.60-21.10 C	
93.20-143.30 D		21.10-32.40 D	
143.30-298.10 E		32.40-66.30 E	
298.10-336.80 F		66.30-79.60 F	
=>336.80 G	1279.10 G	=>79.60 G	269.55 G



Como se ve en la certificación, la calificación obtenida para el estado actual del edificio es una G, lo que lleva a considerar al edificio como poco eficiente, con un gasto medio anual de calefacción, agua caliente y aire acondicionado, es decir, energético, muy elevado y superior a la media estimada de consumo a nivel nacional. Esto surge a partir de varios condicionantes, como la inexistencia de aislamiento térmico en la totalidad de la envolvente del edificio, las malas condiciones a nivel constructivo y la ausencia de aparatos de climatización activa eficientes. Esto puede suponer un incremento de más de mil euros al año en gastos en aparatos de climatización respecto a una vivienda con una calificación más elevada, como B.

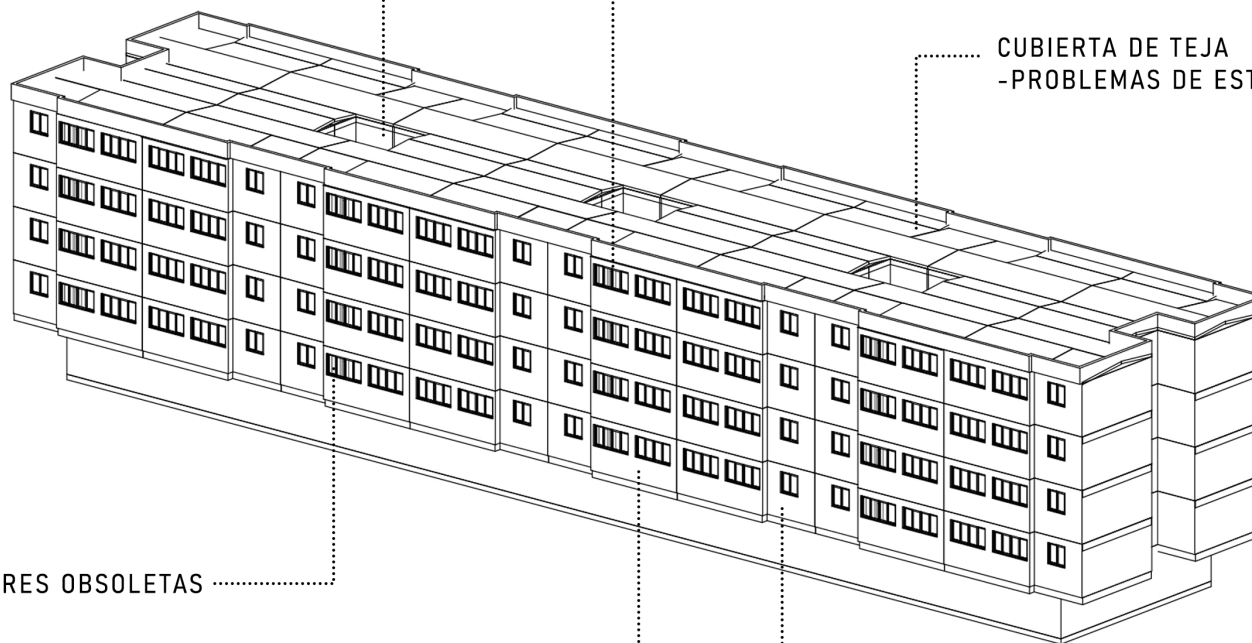


6. PROBLEMAS ACTUALES DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

INEXISTENCIA DE ASCENSOR
-POSIBLE UBICACIÓN: PATIO INTERIOR, FACHADA

SIN PROTECCIONES SOLARES

CUBIERTA DE TEJA
-PROBLEMAS DE ESTANQUIDAD - HUMEDADES



CARPINTERIAS EXTERIORES OBSOLETAS

AUSENCIA DE AISLAMIENTO TÉRMICO O
CÁMARA DE AIRE EN FACHADA

FACHADA HETEROGÉNEA ANTE
MODIFICACIONES DE LOS USUARIOS

INSTALACIONES DE SERVICIO OBSOLETAS



Imagen editada sobre base de Google Earth

El desarrollo de la zona tiene como principal objetivo la adecuación de los bloques de viviendas a nivel energético. La totalidad de los edificios no posee las debidas condiciones para favorecer el ahorro y la eficiencia energética: las fachadas poseen dos orientaciones distintas (NE-SW), tratadas de manera similar en origen, algo que los propios usuarios han ido modificando con el tiempo. Carecen de cámara de aire y aislamiento térmico en el cerramiento exterior, lo que conlleva condiciones interiores no propicias para la habitabilidad, alejándose totalmente de los parámetros de confort.

Las cubiertas poseen problemas de estanquidad, apareciendo problemas de humedades en los pisos superiores que afloran nuevamente tras la “reparación provisional” de las mismas cada cierto tiempo.

Otro punto a tratar es la accesibilidad a nivel residencial. El 100% de los edificios carecen de ascensor, produciendo situaciones de clausura involuntaria ante la imposibilidad de salir al exterior al carecer de los medios necesarios. A nivel urbanización, las residencias se establecen a lo largo de una vía unidirec-

cional, establecida entre una avenida de flujo intenso de tráfico, y otra calle de menor flujo. Se establecen plazas de aparcamiento a ambos lados de la calle, con aceras de ancho reducido que no permiten el tránsito de más de una persona a la vez.

Ante estos problemas se establecen una serie de medidas que será objeto de estudio en este documento:

- Tratamiento a nivel térmico de la envolvente vertical y horizontal de los bloques, para lo que se aportará un catálogo de soluciones haciendo referencia a la versatilidad que permite la zona. Se acompañará, en su caso, de la sustitución de carpinterías exteriores, instalación de parasoles o ampliación/cierre de terrazas según el caso propuesto.
- Reemplazo de las principales instalaciones de saneamiento, fontanería y electricidad para acercar el inmueble a la normativa actual, propiciando el ahorro energético y reducir las emisiones de carbono.
- Renovación y sustitución cuando sea preciso de las instalaciones urbanas, adecuando a las condiciones de accesibilidad que se requieren.

7. CATÁLOGO DE SOLUCIONES

En este apartado se procede a categorizar una serie de soluciones para el caso de estudio, desde sistemas más sencillos a algunos más complejos, comparándolos entre sí para al final acordar una serie de conclusiones.

Se dividen en dos apartados según las siguientes consideraciones:

1 - Intervenciones en fachada

Para comenzar, se ha clasificado una primera familia con los sistemas de tratamiento de la fachada, operaciones de índole más sencilla a nivel urbano pero que aporta grandes características a nivel energético y que suelen estar entre las soluciones más comunes en la rehabilitación energética.

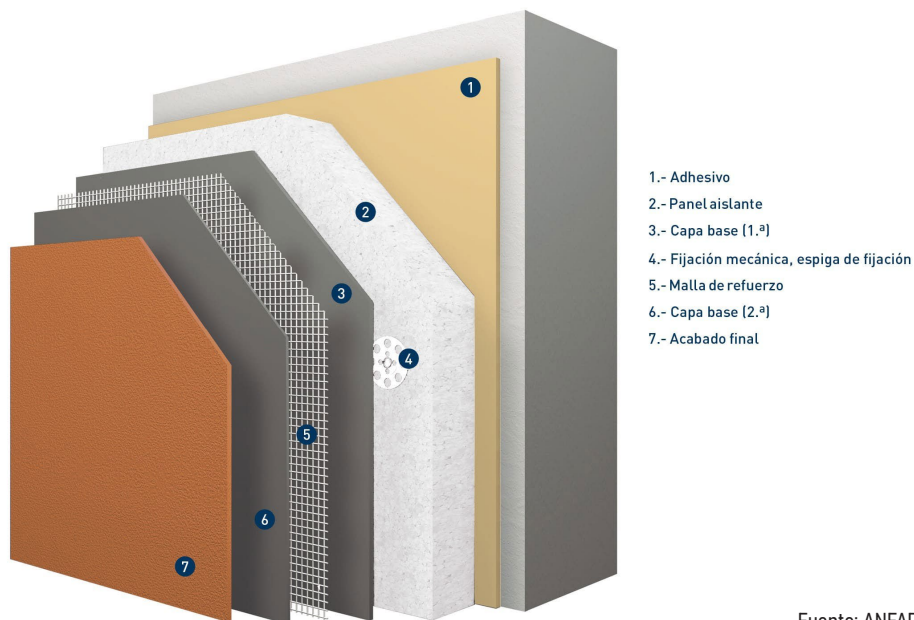
2 - Interacciones urbanas

Se consideran ideas que invadan el espacio público urbano, y modifiquen sus características, desde peatonalizar la calle Santa Fe a crear nuevos espacios de interacción social o que aumenten el espacio del interior de la vivienda hacia el exterior.

Cada grupo tendrá varias opciones para mostrar la variabilidad existente en la rehabilitación energética. Cada uno poseerá su propia certificación energética como medio para comparar y obtener conclusiones de cada uno de los procesos, pudiendo aportar finalmente unas ideas claras acerca de los métodos más propicios en el caso propuesto.

7.1 INTERVENCIONES EN FACHADA

7.1.1 SISTEMA SATE



Fuente: ANFAPA, 2019

El diccionario de la construcción define el sistema SATE como:

[...] sistemas de aislamiento térmico formado por diferentes componentes que se colocan por el exterior, habitualmente en las fachadas de los edificios. Con carácter general, los componentes mínimos de un sistema SATE son: mortero adhesivo, material aislante, fijación mecánica, una o más capas de mortero base, malla de refuerzo, capa de acabado.

Es decir, un sistema SATE, o ETICS como se conoce a nivel Europeo, no es más que lo que indican sus siglas, un Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior. Los componentes que se describieron anteriormente son los habituales de este, aunque pueden surgir variaciones. Es una solución constructiva con excelente capacidad de aislamiento térmico al dar al edificio una envolvente continua que minimice las pérdidas energéticas (Lázaro, 2017).

Es el método más extendido en la actualidad en el campo de la rehabilitación energética residencial, pero es igualmente apto para nueva construcción.

El aumento de las demandas de eficiencia energética en la edificación, conllevó al CTE a considerar este tipo de sistema en su actualización de 2019. Es interesante puesto que cumple con los tres requisitos fundamentales establecidos: ahorro energético, salubridad y seguridad contra incendios. Especifica además una serie de espesores de aislamiento según la zona climática:

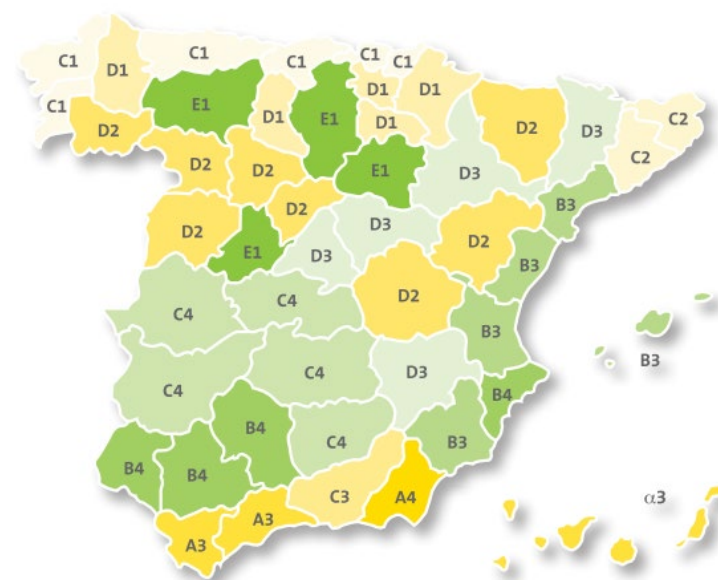
Zona climática	Cubiertas: plana e inclinada	Fachada Puente térmicos tratados	Suelos
α	4 a 6	4 a 5	3 a 5
A	5 a 7	5 a 6	3 a 5
B	7 a 10	6 a 8	4 a 5
C	11 a 14	8 a 11	5 a 7
D	12 a 15	9 a 12	5 a 7
E	14 a 17	11 a 14	6 a 8

Al encontrar el caso de estudio en la zona D, el espesor en cubierta será de 12-15cm, mientras que el de fachada (SATE), de 9-12cm.

El tratamiento térmico de la envolvente se verá reflejado en la introducción de SATE en la fachada, paneles de lana de roca y ventilación en cubierta, sustitución de las carpinterías exteriores por vidrios dobles de baja emisividad y un tratamiento de la fachada suroeste, donde se introducirán lamas verticales para reducir el impacto solar.

La empresa Isover, ofrecen varias soluciones ante este tipo de intervención. El panel Clima 34 de su catálogo, es utilizado en los SATE, y ofrecen una tabla comparativa acorde la zona climática y el paramento preexistente.

Las zonas climáticas se identifican por una letra y un número según las condiciones establecidas en los periodos de verano e invierno, cambiando según la provincia.



Espesor de Clima 34 (mm) según el elemento base					
Zona climática	1/2 pie LP	1 pie LP	1/2 pie BC	1 pie BC	Transmitancia térmica U(W/m²K)
A	60	60	60	50	0,50
B	80	80	80	80	0,38
C	100	100	100	100	0,29
D	120	120	120	110	0,27
E	130	130	130	120	0,25
Canarias	20	20	20	20	0,94

Fuente: Isover, 2016

Este panel está constituido de lana mineral, un componente que produce una huella de carbono muy inferior respecto a otros aislante, como el EPS.

Posee además la cualidad de ser ignífugo, dando protección extra al edificio con el beneficio de no generar humos tóxicos y no propagar el fuego.

Otro beneficio es su durabilidad, ya que la lana de roca mantiene sus características inalteradas a lo largo de toda la vida útil del edificio.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Elimina las condensaciones superficiales e intersticiales. Esto sucede debido a que se incrementa la temperatura de la cara fría del cerramiento, reduciendo la variación térmica entre interior y exterior.	Es bastante frágil, es decir, no soporta bien los impactos físicos al estar siempre expuesto a la intemperie
Mejora de un 40-70% la eficiencia energética del edificio, incrementando su categoría y reduciendo las pérdidas en el tiempo, lo que supone un ahorro energético y económico.	Su inversión económica puede ser elevada, más que otros aislamientos térmicos, además de que requiere servicios de andamiaje.
Reduce las emisiones de ruido al interior de la estancia, mejorando las condiciones de habitabilidad interior.	
No requiere de desalojo de los residentes, ya que supone una nueva "piel exterior" que se instala sin interactuar con el interior de la vivienda.	

Para el caso propuesto, se establecen una serie de condiciones que se califican posteriormente con el programa HULC.

Dichas características son las siguientes:

- En fachada se dispone el panel Clima 34 mostrado previamente. Al ser zona climática D y el cerramiento estar constituido por medio pie de ladrillo, el espesor del aislante será de 120mm, con una transmitancia térmica de 0.27 W/m²K.

- En cubierta, se introduce cámara de aire y un panel de XPS de 150mm sobre esta. Se toma la decisión de usar este material frente a la lana de roca porque al ser de célula cerrada posee mejores prestaciones ante la humedad y la lluvia, siendo así

una protección extra en caso de rotura de tejas, etc.

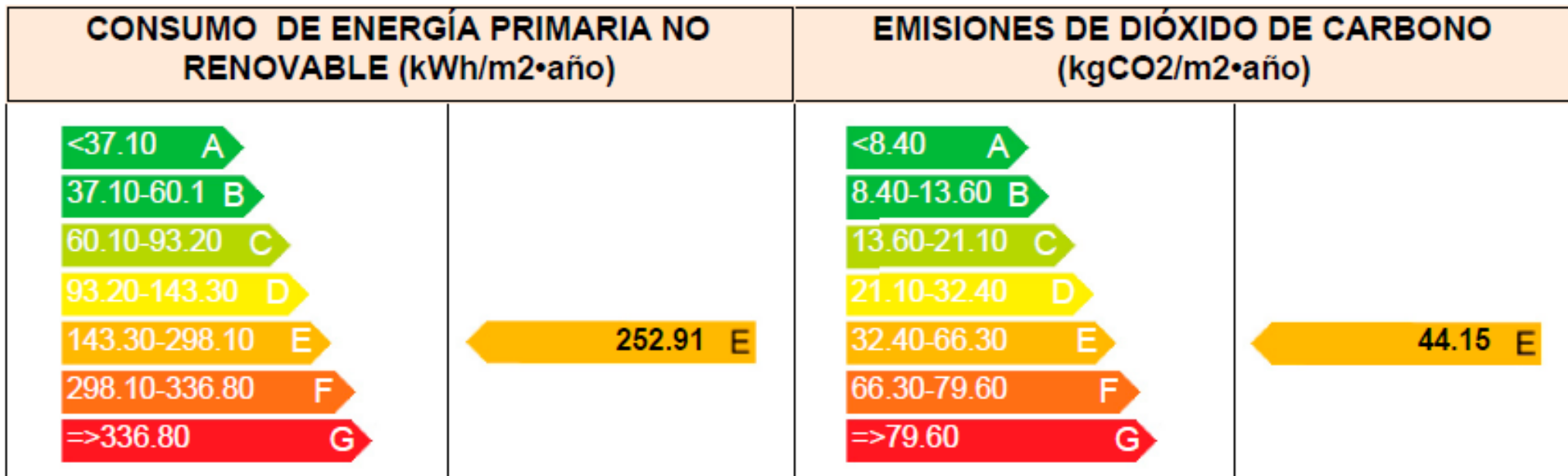
- Acorde a lo visto en las cartas solares, en fachada suroeste, se protegen los huecos de fachada con un sistema de lamas verticales, más propicias que las horizontales dado el ángulo de incidencia solar que surge en esta orientación, sobre todo al atardecer. Las lamas horizontales no interrumpirían el impacto solar en el interior de la misma manera.



Esquema de lamas verticales.
Fuente: Strugal Solar

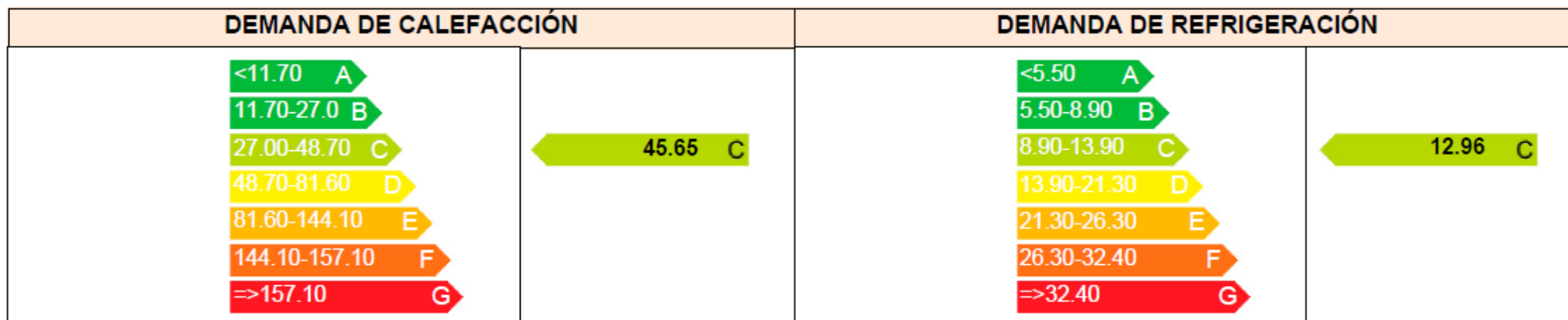
- Sustitución de carpinterías por PVC de tres cámaras, y vidrios dobles bajo emisivos <0.03, con la disposición 4-12-4.

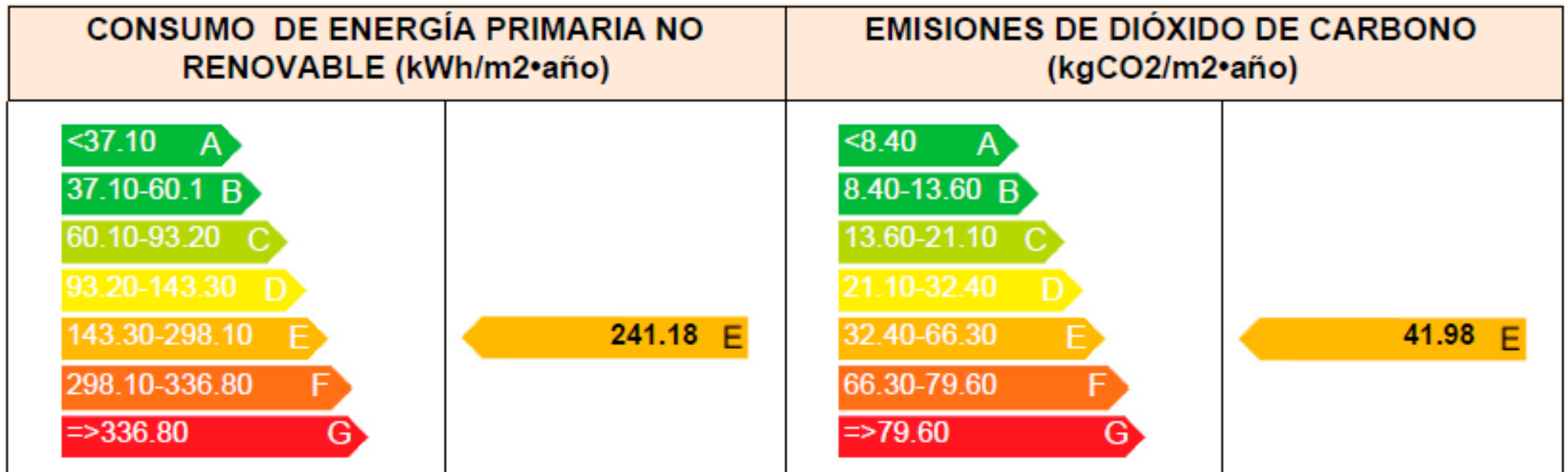
- Se reemplaza el sistema de climatización del edificio, por un sistema de climatización multizona con equipos autónomos, paneles solares en cubierta con acumulador de ACS. Por último, se añade un sistema de ventilación con recuperador con un 73% de eficiencia. Este trata de un equipo que alberga en su interior una célula que consigue intercambiar el aire del interior y el exterior, sin mezclar ni perder energía. Con ello, se consigue un ambiente confortable en el interior de las viviendas, puesto que se impulsa aire limpio del exterior al interior, expulsando y renovando el aire viciado del interior.



En base a estos datos, se ha modelado el edificio con la rehabilitación en el programa HULC, consiguiendo una mejora de la calificación energética. Esta se ve incrementada en dos niveles, algo bastante considerable dado que el edificio no poseía ningún tipo de aislamiento. Se reducen en gran medida las emisiones de carbono al exterior, dado que el edificio consume mucha menos energía no renovable y se reducen las pérdidas al mejorar la envolvente y su estanquidad.

Como se observa en las demandas de las imágenes inferiores, el nivel de calefacción y refrigeración mejora enormemente, ya que se sustituyen los equipos obsoletos por un nuevo sistema de climatización. Como comentamos antes, el edificio consume menos también tras la intervención, algo que incentiva la mejora de estas estadísticas.

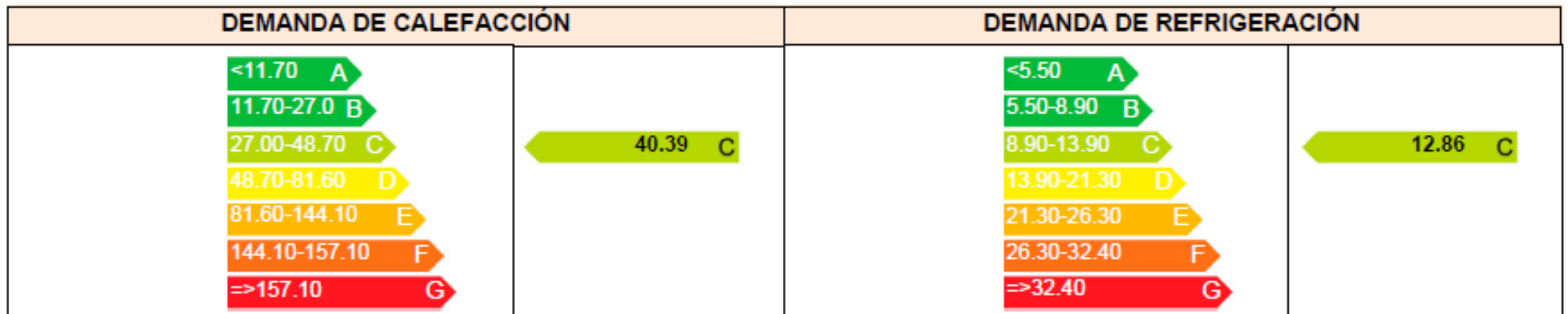




Como forma de experimentación con el modelo, se sustituyó el aislamiento de 120mm por uno de 200mm, también de lana de roca. Observamos que la calificación energética no mejora en gran medida, sino que permanece prácticamente inalterada.

Las demandas de refrigeración no se ven afectadas, mientras que las de calefacción se reducen en una pequeña parte, de manera casi imperceptible.

Por tanto ¿qué es lo que mejora la calificación energética?



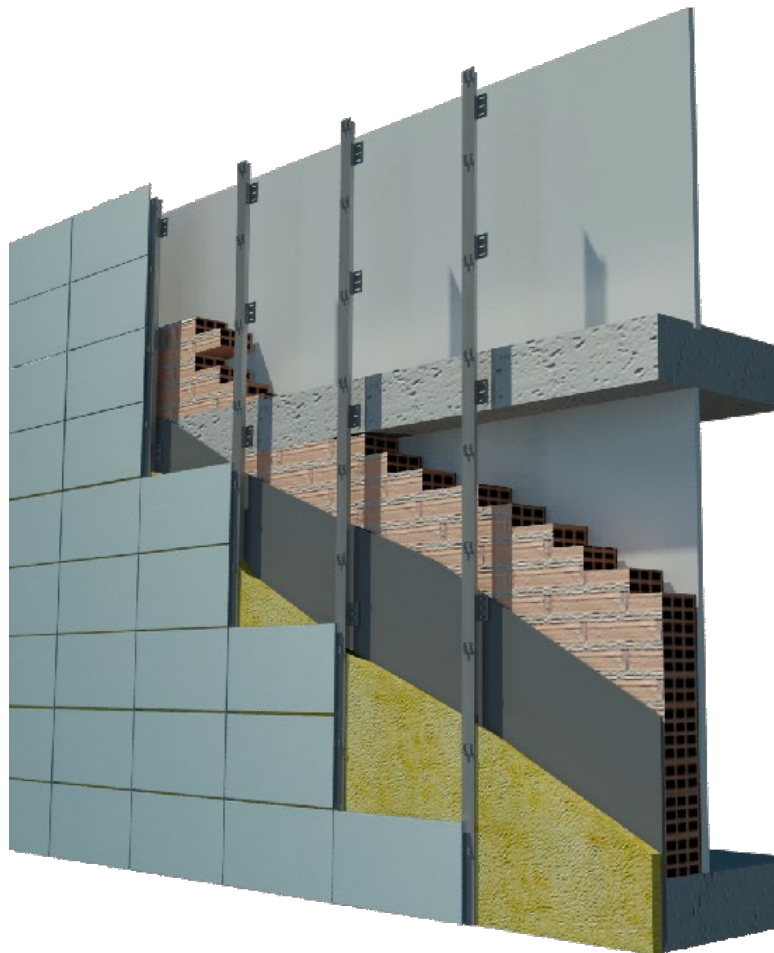
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)	
<p><37.10 A</p> <p>37.10-60.1 B</p> <p>60.10-93.20 C</p> <p>93.20-143.30 D</p> <p>143.30-298.10 E</p> <p>298.10-336.80 F</p> <p>=>336.80 G</p>	<p>136.81 D</p>	<p><8.40 A</p> <p>8.40-13.60 B</p> <p>13.60-21.10 C</p> <p>21.10-32.40 D</p> <p>32.40-66.30 E</p> <p>66.30-79.60 F</p> <p>=>79.60 G</p>	<p>25.70 D</p>

Indagando más en el modelo, se observa que podemos incrementar la calificación energética en un nuevo nivel, no incrementando el aislamiento térmico sino modificando el sistema de climatización, es decir, los sistemas activos.

Para este nuevo caso, permanece el SATE de 120mm pero con un nuevo sistema de aerotermia, el cual consigue mejorar las condiciones de consumo energético del edificio

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p><11.70 A</p> <p>11.70-27.0 B</p> <p>27.00-48.70 C</p> <p>48.70-81.60 D</p> <p>81.60-144.10 E</p> <p>144.10-157.10 F</p> <p>=>157.10 G</p>	<p>45.65 C</p>	<p><5.50 A</p> <p>5.50-8.90 B</p> <p>8.90-13.90 C</p> <p>13.90-21.30 D</p> <p>21.30-26.30 E</p> <p>26.30-32.40 F</p> <p>=>32.40 G</p>	<p>12.96 C</p>

7.1.2 FACHADA VENTILADA



Fuente: SAATE, 2019

El diccionario de la construcción define la fachada ventilada como:

[...]solución constructiva de cerramiento exterior compuesta por un elemento de cerramiento, una capa de material aislante, una cámara de aire y un elemento de acabado mediante placas de diferentes materiales que se colocan sobre una estructura de perfiles metálicos [...]

La definición es bastante precisa en tanto que una fachada ventilada trata un aislante sobre el material de fachada, más una subestructura que sustente el acabado exterior, pero esta subestructura, aunque suele ser lo habitual, no tiene por qué ser siempre metálica, ya que en la actualidad se aprovechan también las buenas características de la madera para cumplir este requisito.

Este sistema aúna los conocimientos y requerimientos más actuales en materia de eficiencia energética y las capacidades técnicas de la industrialización aplicada a su producción y montaje (Acuatro arquitectos, 2023)

En el caso propuesto, la solución consistiría en aplicar un aislamiento exterior en toda la fachada, ya sean paneles tipo lana de roca o XPS, teniendo en cuenta que este último tiene mejores prestaciones ante el agua dado que es de poro cerrado, aunque la lana de roca es menos contaminante en su fabricación y puede optarse por productos no hidrófilos para garantizar la no absorción y transmisión de agua en el material aislante.

Además, debe tenerse en cuenta que, en fachadas ventiladas, no debe haber o el aislante no puede actuar como barrera de vapor, ya que por condiciones higrotérmicas el muro debe poder evacuar la humedad hacia la cámara de aire. Sin embargo, el principal agente de este sistema es la cámara de aire, la cual debe ser continua con aberturas que permitan su ventilación. Esto puede hacerse en las partes superior e inferior de la fachada o a través de las propias juntas del acabado exterior.

La estructura de la fachada se considera deberá fijarse a los forjados, dado que la fachada de ladrillo puede no ser lo suficientemente resistente al componerse tan solo de medio pie de ladrillo.

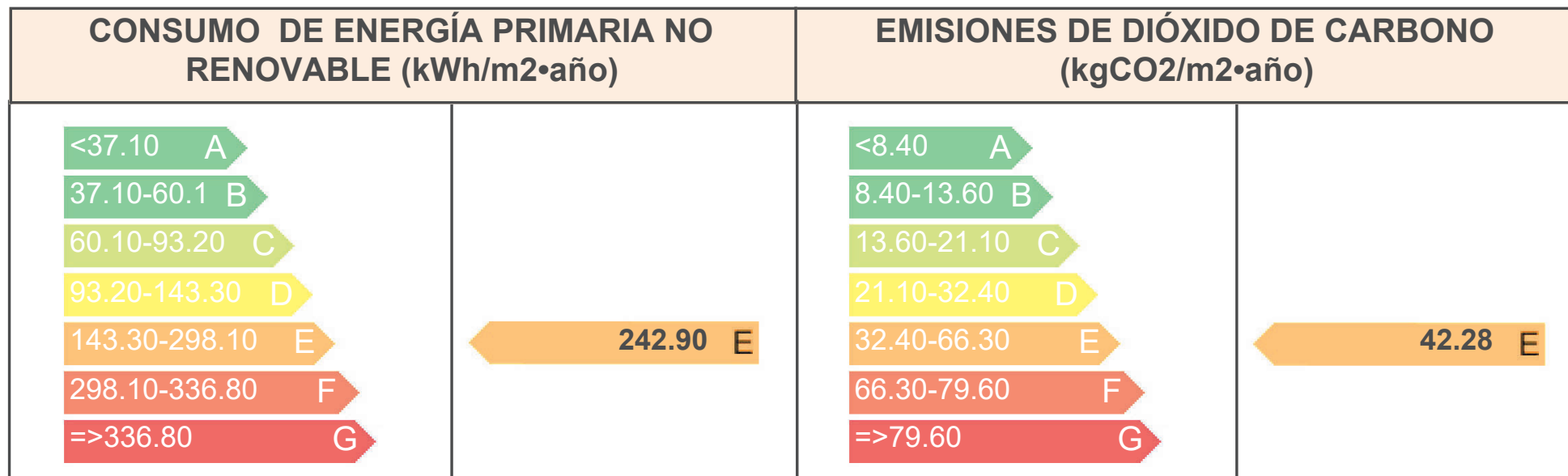
Aquí, se anclan las ménsulas mediante anclajes mecánicos, que soportarán los perfiles metálicos verticales del bastidor sobre el que se colocarán los paneles del revestimiento exterior.

Como aislamiento usaremos lana de roca, seleccionado por sus características ignífugas y su menor impacto en carbono. Se coloca reforzado con láminas tejidas e impermeables al exterior.

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Elimina las condensaciones superficiales e intersticiales. Impide que alcancen el panel aislante a través de la cámara ventilada.	Estructura de fijación y anclaje compleja, necesidad de instaladores especializados y mayor control de ejecución de obra.
Mejora de un 30% apróx. la eficiencia energética del edificio, incrementando su categoría y reduciendo las pérdidas en el tiempo, lo que supone un ahorro energético y económico.	Dependencia de la calidad de los materiales de la fachada existente.
Reduce las emisiones de ruido al interior de la estancia, mejorando las condiciones de habitabilidad interior.	Materiales de acabado de baja calidad conllevan deterioro de la estructura de fijación.
No requiere de desalojo de los residentes, ya que supone una nueva "piel exterior" que se instala sin interactuar con el interior de la vivienda.	Mayor coste económico que el SATE.
Renovación natural del aire de la cámara mediante procesos de convección o efecto chimenea.	
Posibilidad de recuperar los elementos de fachada debido a que se realiza con anclajes mecánicos, pudiendo reutilizar dichos componentes e incluso reconfigurar la imagen a voluntad.	



Rango de precios máx y mín.
Fuente: Acuatro Arquitectos



Como podemos ver, el nuevo modelado del edificio no se me modificado en gran medida respecto al caso anterior de SATE.

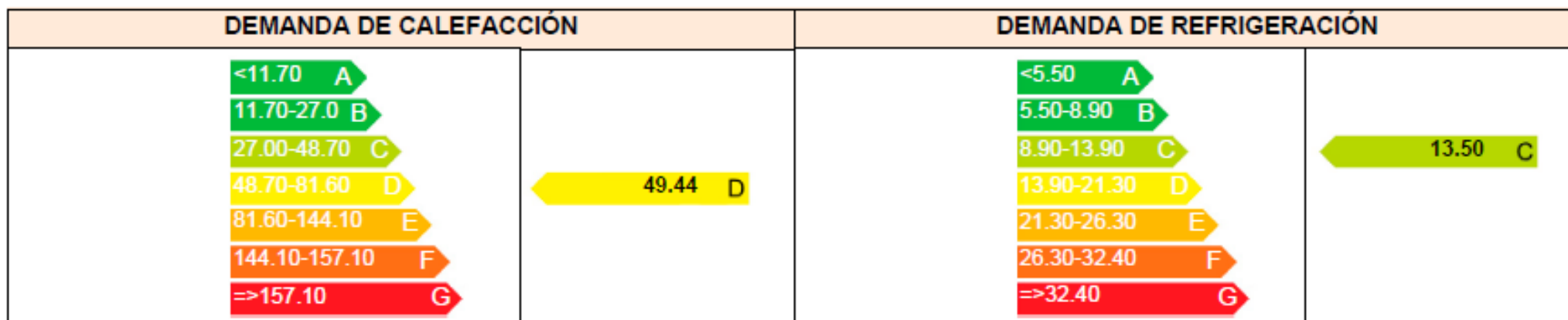
De nuevo, la certificación se ve incrementada en dos niveles, mejorando muy levemente las estadísticas.

El sistema de climatización y ventilación se ha mantenido respecto al primer tipo del anterior caso para poder ver las variaciones con el cerramiento, y, como po-

demus observar, ambas soluciones son prácticamente idénticas a niveles de consideración del programa. Si introdujéramos aerotermia sería similar.

Como se observa en las demandas de las imágenes inferiores, el nivel de calefacción y refrigeración mejora enormemente gracias a los nuevos equipos.

En este caso se aplica además el añadido de la cámara de aire, que mitiga la incidencia solar en cierto modo.



¿SATE O FACHADA VENTILADA?

Comparando el sistema de fachada ventilada con el SATE, Sole Bonet en la página calor y frío comenta ante la simulación que realizan (con características similares al proyecto propuesto en este documento) que la fachada ventilada proporciona una ligera reducción de las demandas de refrigeración respecto al SATE, mientras que en calefacción es al revés, pero son diferencias irrelevantes en términos generales.

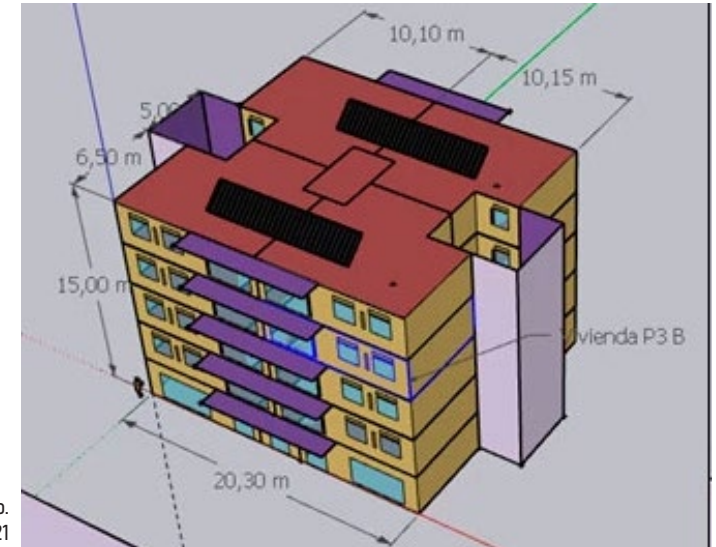
Lo mismo pasa con el caso personal de este proyecto. Las características de la fachada cambian pero a nivel energético, o al menos a términos de las condiciones del programa, no se observan diferencias considerables que nos indiquen que fachada es más propicia, sino que más bien son similares a nivel de cálculo.

Como conclusión se puede decir que en lugares donde la demanda de calefacción sea dominante, prevalecerá el SATE, mientras que si es la refrigeración se usará la fachada ventilada, dado que cabe la posibilidad de reducir las demandas energéticas.

Una opción sería disponer ambas soluciones en edificios de doble orientación como es el del caso propuesto, con SATE en cara norte y fachada ventilada al sur.

A nivel conceptual, la fachada ventilada debería poseer mejores prestaciones que el SATE gracias simplemente a la cámara de aire. En un SATE, la energía se transmite a través del fenómeno de conducción, es decir, va pasando a través de las diferentes capas de la envolvente y perdiendo energía en este proceso hasta llegar al interior. Sin embargo, la fachada ventilada posee el fenómeno añadido de la convección, dado que existe dicha cámara ventilada, donde el calor se verá disipado cada cierto tiempo.

Es por ello que, aparte de lo considerado por el programa, la física lógica nos puede llevar a pensar que la fachada ventilada funciona mejor, ya que el calor no se vería en ningún momento acumulado en el interior de la envolvente, sino

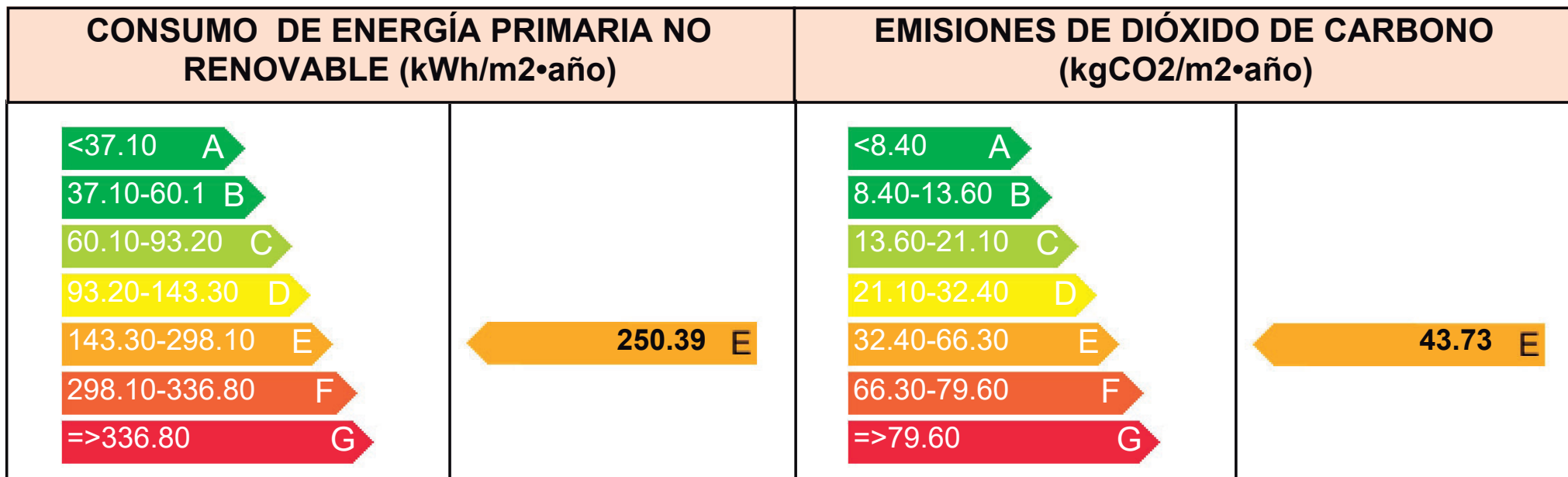


Edificio del ejemplo.
Fuente: Sole, 2021

que se dispersa gracias a la cámara. Esto es un aspecto que no parece atender el programa, pero que afecta en cierto modo a la transmisión de energía calorífica.

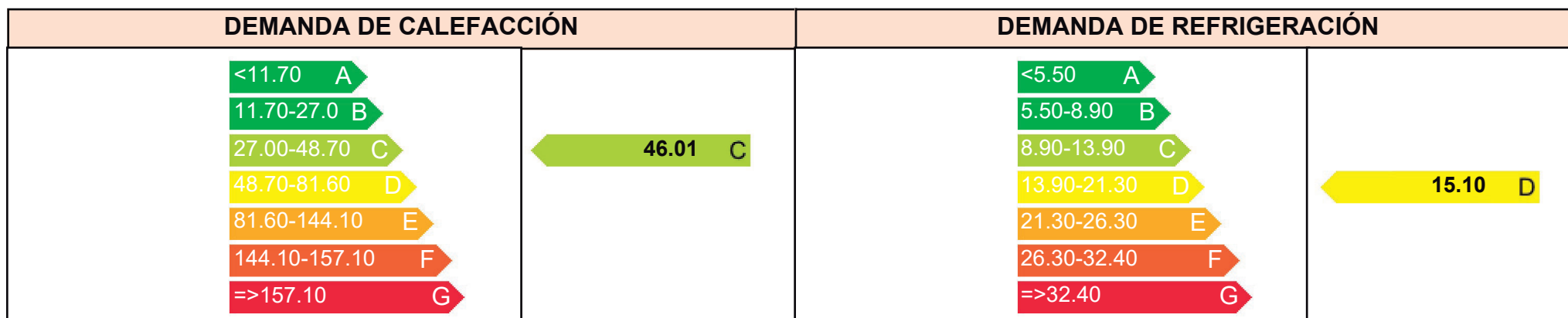
Sin embargo, son sistemas equivalentes y que no aportan grandes diferencias en este tipo de edificaciones y en la climatología española, por lo que la decisión vendrá de otros aspectos como la estética exterior o los tiempos/dificultad de montaje, que, como hemos visto, difieren bastante entre sí.

La opinión personal lleva a decir que la fachada ventilada puede ser más eficiente a niveles de rehabilitación energética, aunque bien es cierto que su coste es superior, esto se ve compensado con el estudio de su ciclo de vida, donde el SATE no permite en ningún momento la variabilidad en el tiempo, ni la reutilización de sus elementos al final de su vida útil, algo que la fachada ventilada si admite al aprovechar procesos de construcción e instalación mecánica.



Como parte de la investigación de esta dualidad entre SATE Y fachada ventilada, se establece una nueva orientación al proyecto, donde las fachadas pasan a ser oeste y este, dado que son las orientaciones con mayor incidencia solar en verano, y no el sur, que es donde suelen hacerse los casos prácticos de este experimento.

Las calificaciones energéticas empeoran tanto en el primer caso (SATE) como en el segundo (ventilada) puesto que son orientaciones con mayor necesidad de consumo y emisiones de carbono.



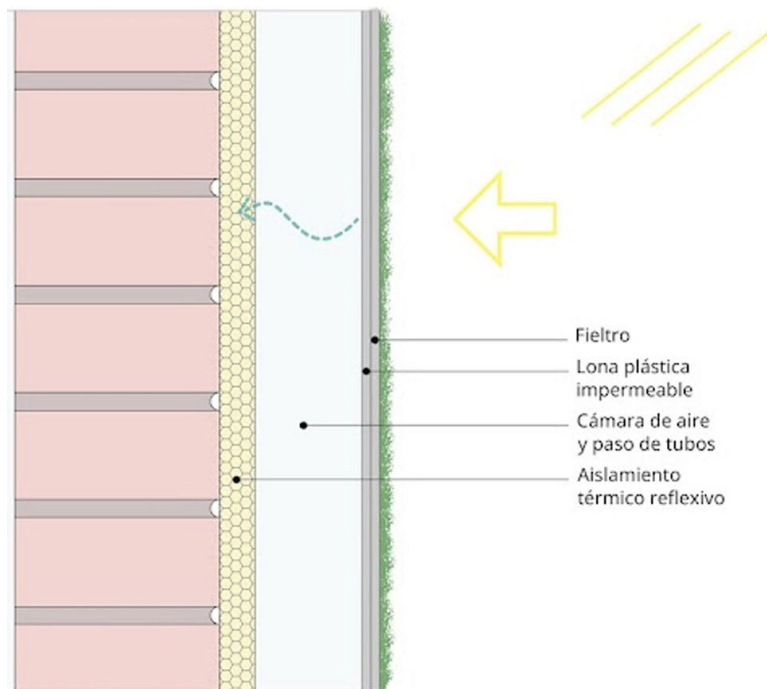
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)	
<p><37.10 A</p> <p>37.10-60.1 B</p> <p>60.10-93.20 C</p> <p>93.20-143.30 D</p> <p>143.30-298.10 E</p> <p>298.10-336.80 F</p> <p>=>336.80 G</p>	<p>261.21 E</p>	<p><8.40 A</p> <p>8.40-13.60 B</p> <p>13.60-21.10 C</p> <p>21.10-32.40 D</p> <p>32.40-66.30 E</p> <p>66.30-79.60 F</p> <p>=>79.60 G</p>	<p>45.66 E</p>

Como podemos observar, sigue sin valorarse la presencia de la convección que se comentaba con anterioridad, pero si se ve un cambio en las demandas de calefacción.

Se refuerza la idea de que el SATE funciona mejor en entornos donde la demanda de calefacción es mayor, mientras que la fachada ventilada será más propicia en entornos con necesidades de refrigeración, dato que irá ligado a esta capacidad de convección y disipación del calor que carece el sistema SATE.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p><11.70 A</p> <p>11.70-27.0 B</p> <p>27.00-48.70 C</p> <p>48.70-81.60 D</p> <p>81.60-144.10 E</p> <p>144.10-157.10 F</p> <p>=>157.10 G</p>	<p>49.68 D</p>	<p><5.50 A</p> <p>5.50-8.90 B</p> <p>8.90-13.90 C</p> <p>13.90-21.30 D</p> <p>21.30-26.30 E</p> <p>26.30-32.40 F</p> <p>=>32.40 G</p>	<p>15.58 D</p>

7.1.3 FACHADA VEGETAL



Fuente: SAATE, 2019

Este caso no es tan común de ver en las rehabilitaciones energéticas debido a que es un proceso más complejo de intervención, pero que aporta grandes soluciones a nivel energético.

Algunas empresas denominan al proceso rehabilitación energética vegetal como proceso de adecuar un edificio existente para aumentar la eficiencia energética y el confort a partir de sistemas vegetales como jardines verticales en fachada, cubiertas vegetales o incluso piscinas naturales.

Trata un sistema de revestimiento exterior con la incorporación de un sustrato vegetal como acabado del edificio. Normalmente es más común verlo en obra nueva, pero ya hay varios casos de rehabilitación por este método, ya que las plantas actúan como una capa más de aislamiento, reduciendo la transferencia de calor entre el interior y el exterior. Además, reduce la incidencia de radiación solar, mejora la calidad del aire a nivel urbano, es una buena forma de gestión del agua de lluvia, ya que actúa como sistema de captación y reduce la carga en el sistema de drenaje además de poder aprovecharse para el propio mantenimiento de la fachada.

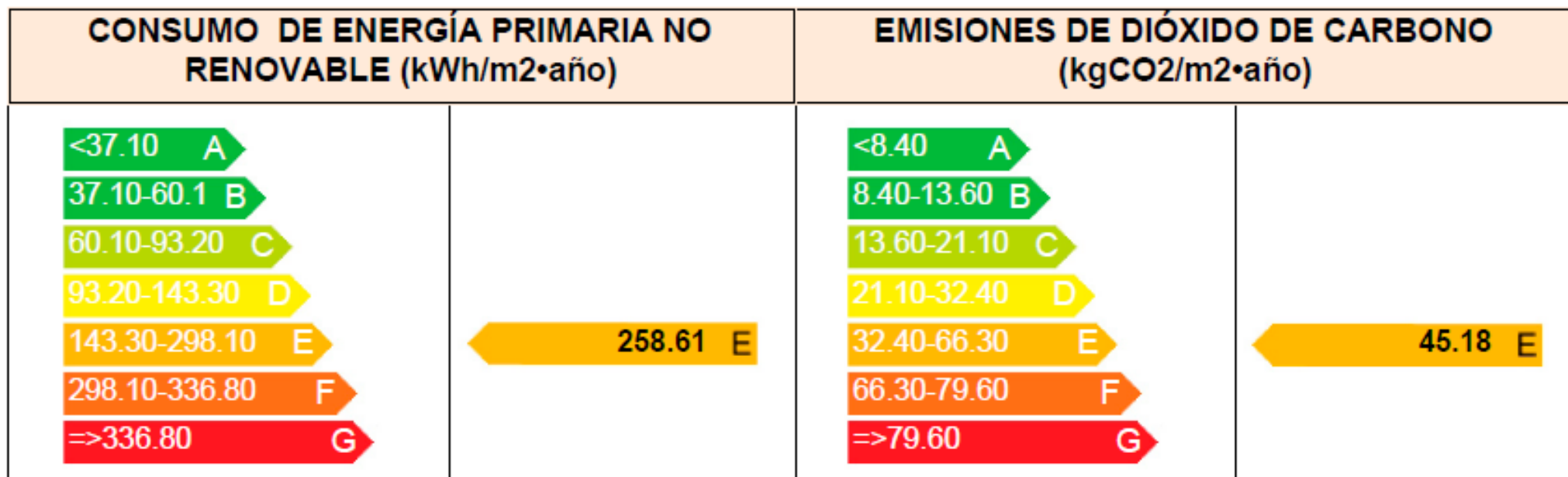
Este tipo de sistema aprovecha los procesos de evapotranspiración y enfriamiento activo de la fachada, manteniendo una temperatura inferior a los 30°C. El proceso puede asimilarse en la teoría al famoso efecto botijo. En este proceso, se usa una vasija de barro poroso con una superficie clara que reduzca la radiación solar. Al calentarse la superficie, el agua en estado líquido del interior sale del recipiente por un proceso similar al que utiliza nuestro cuerpo al sudar: la evapotranspiración. El agua alcanza la temperatura de evaporación, pero para cambiar de estado requiere de absorber energía, no aumentar su temperatura. Para ello, el fluido extrae energía del interior del botijo y alcanza la fase de vapor a cambio de haber sustraído energía del interior del recipiente, con lo que la temperatura interior se reduce al perder esa energía, consiguiendo enfriar más del 90% del agua a cambio de ceder una pequeña parte en el proceso.

Este sistema utiliza el mismo método, pero con vegetación como el elemento poroso, y vivo en este caso, que aprovecha el comportamiento natural de la vegetación, donde expulsa vapor de agua y apacigua las temperaturas exteriores en climas con temperaturas muy cálidas o frías.

Para aprovechar este sistema, se aplicaría una nueva capa exterior a la fachada de aislamiento térmico, luego una cámara de aire que permita el paso de las instalaciones pertinentes, una lámina impermeable plástica y un fieltro sobre el que se apoyen las láminas vegetales. En esencia el proceso constructivo es similar al de una fachada ventilada, a excepción de que el acabado es un ser vivo.

Por ello, hay que tener en cuenta una serie de consideraciones, como el adecuado diseño de la estructura de soporte de la vegetación, la correcta selección de las especies acorde al clima estimado, y un correcto mantenimiento en el tiempo.

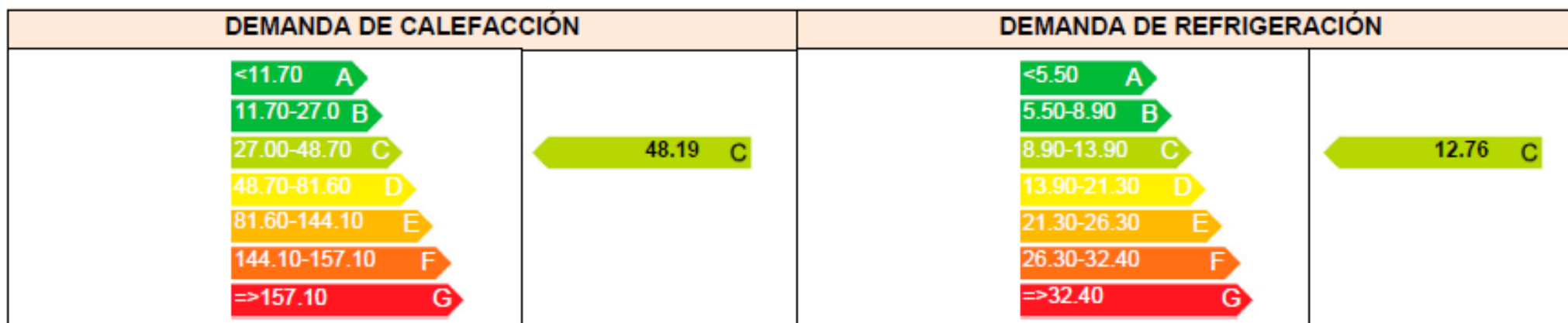
VENTAJAS	INCONVENIENTES
Aporte energético prácticamente nulo. Reducción de la temperatura de manera natural. Mejora de la calidad del aire.	Necesidad de mantenimiento continuado, con el consiguiente coste económico que supone.
Coste reducido y de fácil instalación al utilizar láminas con musgo como variante. En caso de fachada vegetal tradicional su coste se ve incrementado por el mantenimiento.	Dependencia de la calidad de los materiales de la fachada existente y de su capacidad portante. El sistema seleccionado es baja carga al ser láminas con musgo proyectado, pero es un tema que debe considerarse puesto que la carga varía en el tiempo al poseer un ser vivo.
Reduce las emisiones de ruido al interior de la estancia, mejorando las condiciones de habitabilidad interior.	Posibilidad de que se incremente la cantidad de biodiversidad, con lo que pueden acceder a la vivienda pequeños animales a partir de los huecos de fachada.
No requiere de desalojo de los residentes, ya que supone una nueva "piel exterior" que se instala sin interaccionar con el interior de la vivienda.	Puede contribuir a la propagación en caso de incendio
Renovación de la imagen estética de la ciudad.	



La fachada vegetal se comporta en cierto modo igual que una fachada ventilada, al menos en los parámetros del programa HULC.

Su mayor aliciente es el cambio del acabado exterior hacia un ser vivo, que embellece a nivel urbano pero que lleva a unas condiciones de mantenimiento mucho más exhaustivas en el tiempo que el otro modelo.

En cuanto a las demandas de calefacción si que se observa una mejoría en un nivel, ya que actúa como elemento de bloqueo de la radiación solar en mayor medida que la fachada ventilada con acabado cerámico o de madera (por ejemplo) Sin embargo, esta mejora en calefacción no compensa el coste añadido que supone este tipo de fachada a lo largo de su vida útil.



7.2 INTERACCIÓN URBANA

7.2.1 GALERÍA SOLAR + CORREDOR BIOCLIMÁTICO

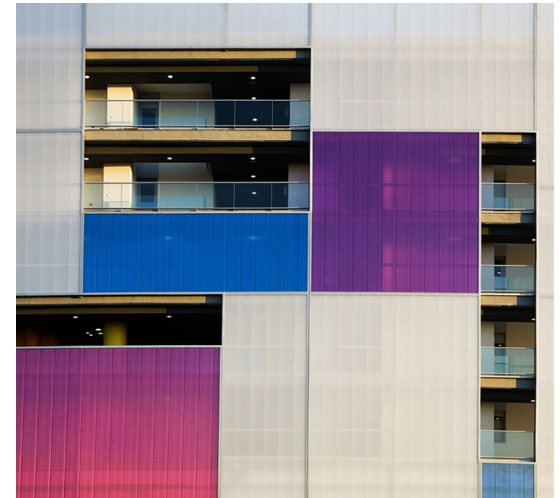
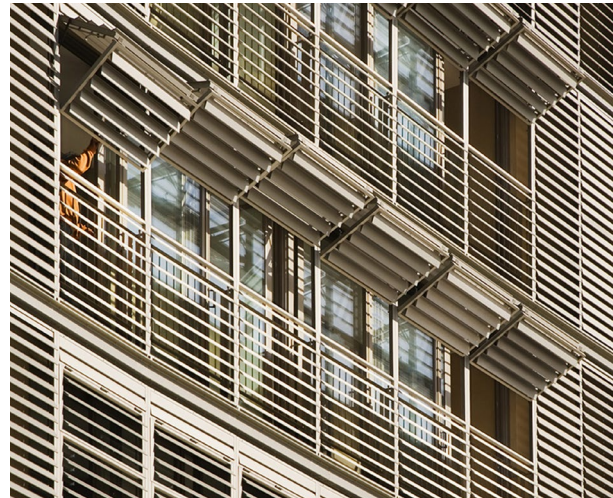
Esta propuesta de intervención coge de referencia el edificio de RLA Arquitectos en Móstoles, el Hemiciclo Solar. Este edificio de nueva planta aprovecha la orientación sur-norte para utilizar el soleamiento en beneficio propio.

Para ello ubica una galería solar al sur y un corredor bioclimático al norte.

El primero consiste en una galería acristalada que actúa como elemento acumulador de aire caliente en invierno gracias al efecto invernadero.

El segundo, se conforma de una serie de aberturas al norte, con pequeños patios y corredores bioclimáticos, todo ello dentro de una doble piel (Coellar, 2013)

Hemiciclo solar
Fuente: ruizlarrea



El edificio de la propuesta se ve afectado de igual manera que la referencia dada. En la fachada suroeste se dispone una galería solar y en la noreste un corredor bioclimático.

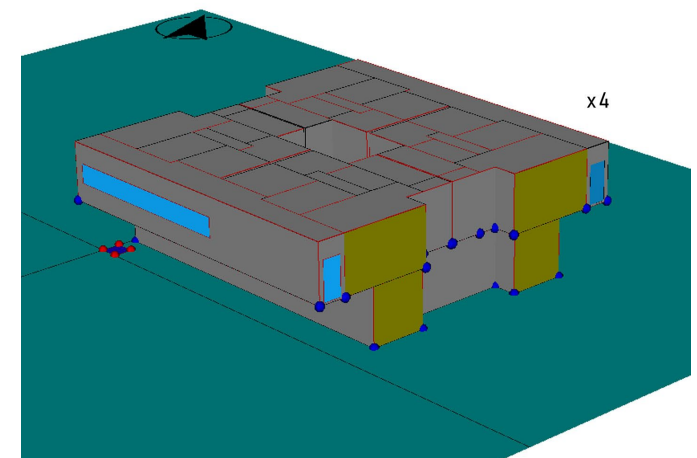
Esta intervención conlleva la invasión de espacio urbano público. En la zona sur existe espacio libre para invadir, mientras que en la norte podría hacerse por dos métodos distintos: crear un corredor colgado, que comience en la primera planta y “vuele” sobre las plazas de aparcamiento o, peatonalizando la calle e impidiendo el paso de vehículos.

En la simulación con HULC, se disponen dos espacios en las fachadas longitudinales, los cuales se consideran no acondicionados, dado que no dispondrán de sistemas de climatización activa, ni de calefacción o refrigeración.

Los dos espacios se han considerado a partir de estructuras de fabricación y colocación mecánica, que permita su reposición en el tiempo y/o su reutilización al final de la vida útil del edificio.

La composición del cerramiento se basa en paneles sándwich de madera (tablero de partículas con cemento al exterior y contrachapado al interior), con núcleo de lana de roca de 12cm, adoptando una fachada totalmente renovada y mucho más eficiente, que mejore las condiciones interiores de habitabilidad.

Estos espacios aparecen ampliando las viviendas a partir de un corredor continuo en planta, accesible en vertical a partir de núcleos de ascensores distribuidos. Con ello, se consigue la accesibilidad de la que carecen estos bloques de viviendas además de generar nuevos espacios de interacción social y ocio para los vecinos.



Abstracción para modelado en HULC
Fuente: elaboración propia

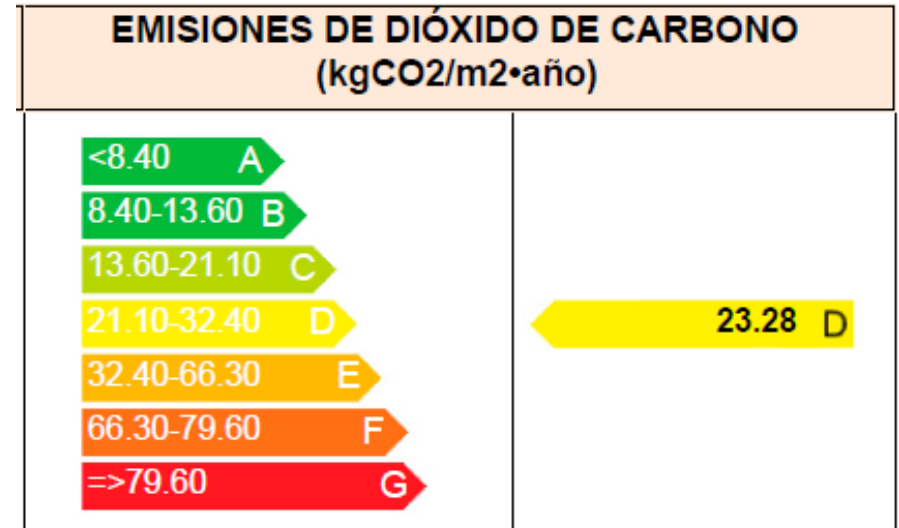
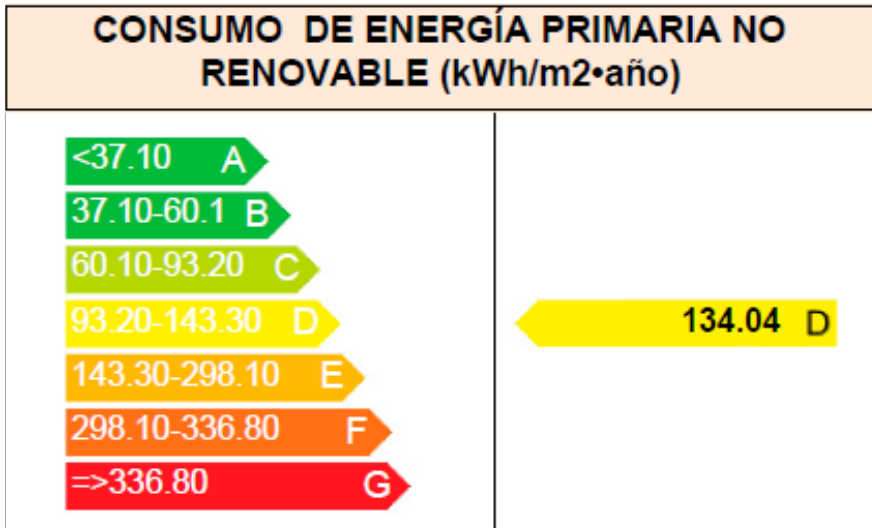
La fachada exterior pudiera tener diferentes variaciones en el tiempo, ya que es un elemento adosado al edificio existente.

Otra variante puede ser imponer una fachada vegetal a este corredor, dando una nueva imagen a la calle aportando todas las ventajas de este sistema que vimos con anterioridad a nivel climático.

A continuación se muestra una imagen de esta solución, la cual fue desarrollada por el propio autor de este documento durante la asignatura de Proyectos Arquitectónicos VIIIb, en el curso 2022-2023.

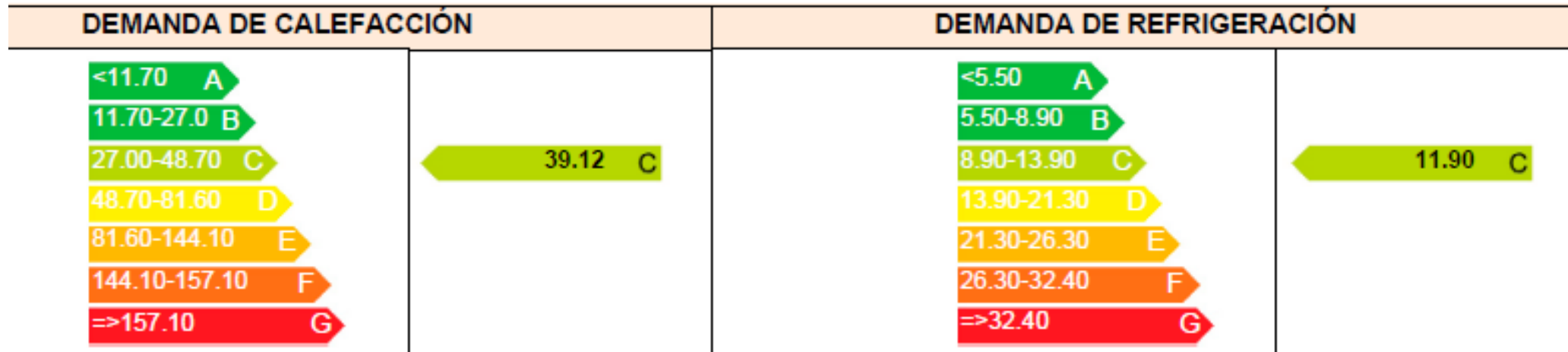
Este caso aprovechaba también las ventajas de la chimenea solar y habilitaba la cubierta como espacio añadido de uso social.



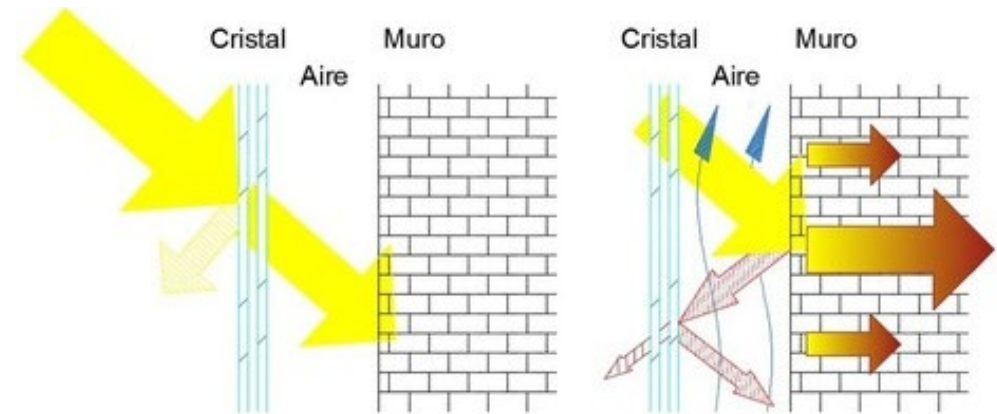


Como podemos ver, la calificación energética se ha incrementado en un nivel respecto a los casos anteriormente descritos, siendo la calificación más alta hasta el momento. De nuevo, los sistemas de climatización han permanecido inalterados para poder comparar correctamente los cerramiento modificados.

Al experimentar con el modelo, se modifica el cerramiento añadido de la galería haciendo que sea totalmente acristalada al sur, resultado la misma calificación energética. Claro es que no se tienen en cuenta de una manera correcta los distintos procesos de transmisión del calor que se producen entre espacios de temperatura similar, como se explica más adelante.



7.2.2 MURO TROMBRE



Fuente: Huellas de arquitectura, 2018

En esta solución, se pretende reemplazar los muros tradicionales del cerramiento del edificio por muros trombre y buscando como pueden mejorar las condiciones del edificio con métodos técnicamente sencillos.

Comenzando por su definición, trata un elemento arquitectónico que integra elementos de diseño pasivo para aprovechar la energía solar como forma de climatización pasiva.

Posee dos componentes principales: un muro exterior que debe ser de color oscuro y con una alta masa térmica para acumular la mayor cantidad de energía solar posible, y una cámara de aire donde se almacenará dicha energía.

Al exterior del muro, creando la cámara, suele ubicarse un paramento con aberturas o directamente de vidrio, que deje pasar la energía solar y se acumule en gran parte en la cámara, produciendo el llamado efecto invernadero. Claramente, esta pared exterior debe estar orientada al sol, y posee una serie de aberturas

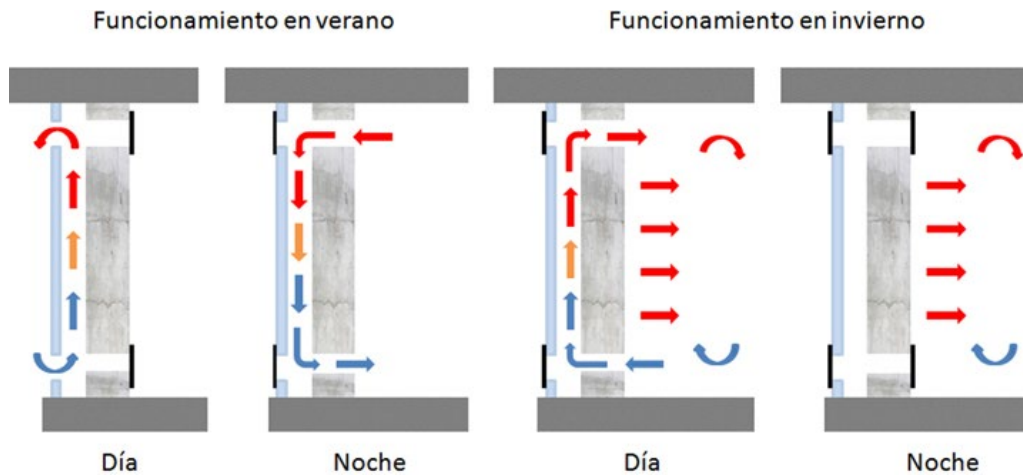
que produzcan el movimiento del aire interior con el de la cámara.

Cuando la radiación alcanza el muro oscuro, este absorbe dicha radiación y se convierte en calor, pasando de la cámara donde se acumula al interior de la vivienda a través del fenómeno de conducción del calor.

La circulación del aire surge por convección natural dado que el aire caliente asciende y sustituye al frío. Se intercambia con el interior mediante aberturas en el muro que permitan la circulación.

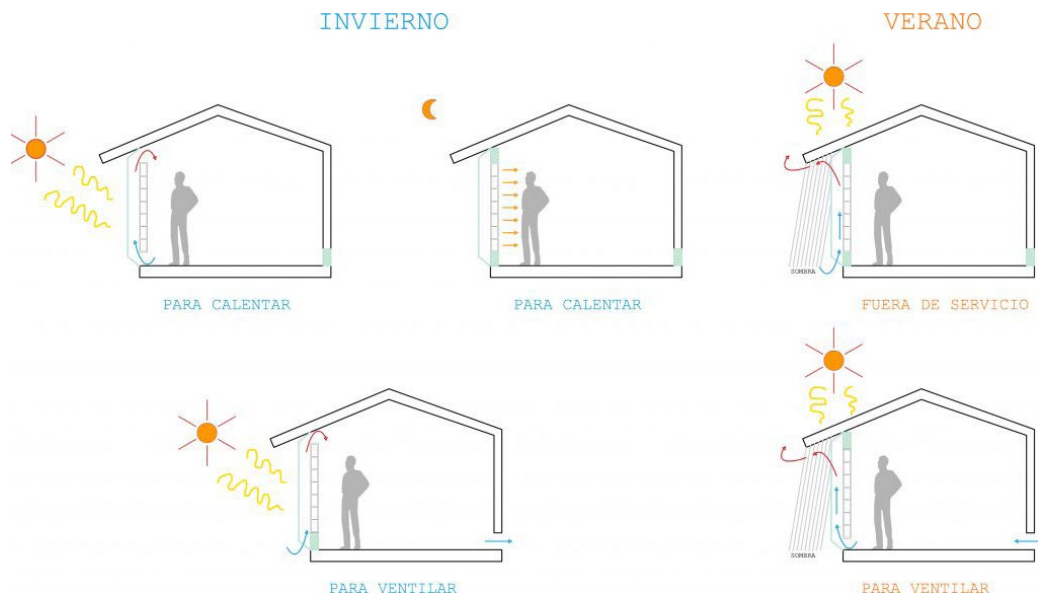
Posee doble funcionalidad: en invierno actúa de colector solar, absorbiendo la radiación y transfiriéndola al interior de la vivienda, reduciendo el uso de elementos de climatización activa.

En verano, se utiliza junto a elementos que proporcionen sombra para hacer el efecto inverso, evitar que entre la radiación solar al interior y que la energía calorífica salga del edificio, contribuyendo al enfriamiento pasivo.



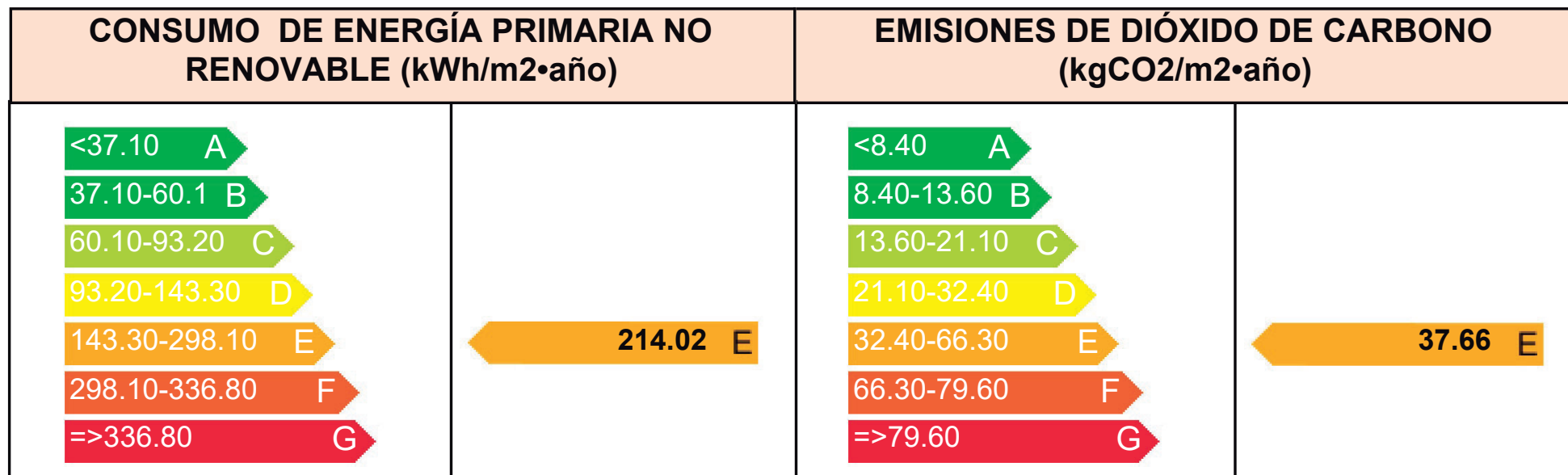
La propuesta concibe una idea similar al anterior caso, donde se localizaban galería nuevas en las fachadas del bloque, adosadas a la preexistencia.

Los muros trombe aparecen localizados en puntos estratégicos del cerramiento del corredor, creando cámaras de climatización para las viviendas pero dejando también nuevos espacios tipo terraza y que comuniquen con los ascensores.



Arriba: esquemas de funcionamiento del muro Trombe
Fuente: Huellas de arquitectura, 2018

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Bajo coste con altos resultados.	Dificultad de la limpieza de la zona posterior del vidrio, mantenimiento complejo.
Reduce las necesidades de calefacción entre un 70 y 85%	Funciona por termocirculación, un proceso algo aleatorio con lo que su dimensionado se torna complejo, pudiendo producir el efecto inverso.
Sistema muy versátil, pudiendo adaptar su uso y coste de ejecución.	La aleatoriedad conlleva cambios en el movimiento del aire, reduciendo el confort térmico.
Consigue temperaturas interiores estables en el tiempo.	Pueden aparecer condensaciones al no poseer aislamientos.
Irradia energía calorífica por infrarrojos, una forma menos agresiva que los calefactores tradicionales que usan aire forzado, por lo que se incrementa el grado de confort.	Gran influencia del clima, condicionando su diseño y funcionamiento. Debe orientarse siempre al sol, condicionando el diseño arquitectónico.

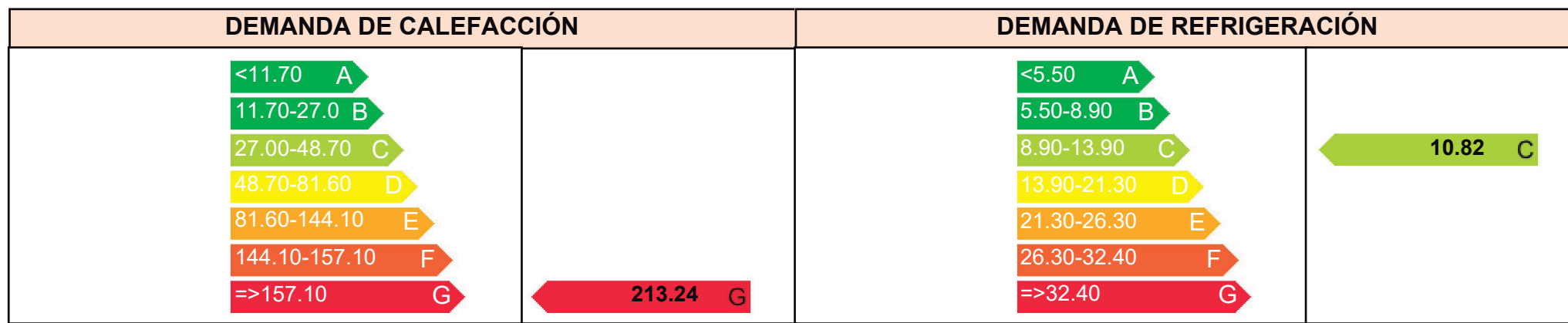


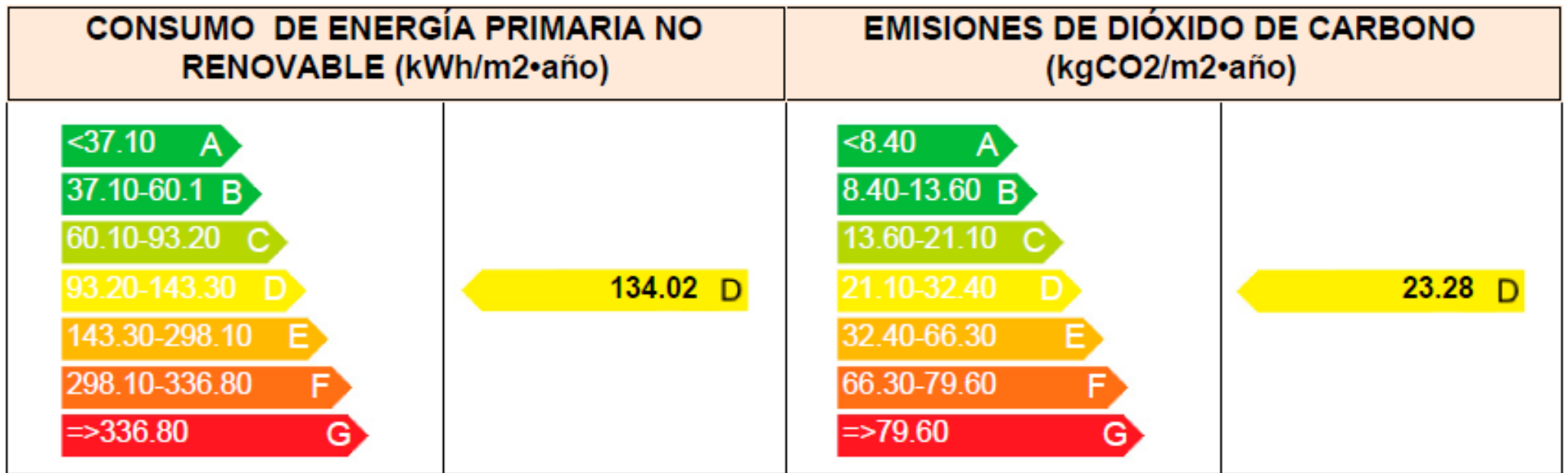
El programa ofrece diferentes soluciones con el Muro Trombe, ya que el paramento exterior puede ser opaco o transparente, y el primer caso permite la convección mecánica o natural.

Se han realizado pruebas con el programa con todas las posibilidades existentes, y el resultado es similar en todos ellos.

El muro Trombe permite una mayor dispersión del calor de la cámara y una más sencilla evacuación en verano, además de que un paramento exterior de vidrio acumulará menos tiempo el calor de la cámara que un muro opaco, pero a niveles energéticos se estima que son similares.

En la calificación de esta pagina, se estima el muro trombe aplicado sobre partes del cerramiento existente, sin añadir un espacio exterior.



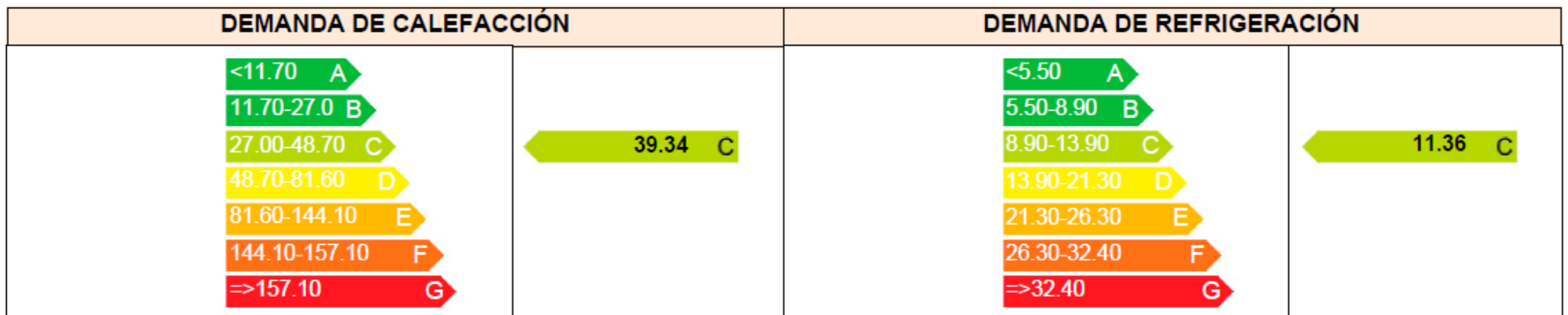


En esta segunda calificación, se estima un espacio no calefactado como el explicado en el anterior caso, sobre el que se aplica el muro trombe en la cara sur en vez de ser un cerramiento acristalado o un muro con aberturas de vidrio.

La solución mejora notablemente debido al nuevo espacio estimado, dado que el intercambio de energía es muy distinto con el exterior al adosar esta nueva gale-

ría. Los sistemas como el muro trombe o el corredor bioclimático, son formas de mejorar la calificación y las condiciones energéticas a partir de añadir un nuevo espacio perimetral al edificio.

De hecho, el programa HULC no muestra la realidad de lo que supone este nuevo espacio alrededor del edificio origen, algo que se explica al final del trabajo.



8. CONCLUSIONES

La edificación objeto de la propuesta presenta una condición inicial obsoleta desde el punto de vista bioclimático, caracterizado por altos valores de transmitancia térmica debido a la ausencia de aislamiento en su envolvente, además de la presencia de equipos de climatización antiguos e ineficientes. Como resultado, su calificación energética se sitúa en el nivel G, lo cual es previsible tras la evaluación de la habitabilidad del lugar.

La orientación de la zona proporciona indicaciones claras para mejorar dichas condiciones. En particular, dado que algunas viviendas se encuentran orientadas al suroeste, la protección solar se convierte en un elemento indispensable, como se puede apreciar observando los toldos y persianas bajadas que surgen en las tardes de verano en esta fachada. Por otro lado, la otra parte se encuentran al noreste, donde las demandas de calefacción se incrementan debido a la ausencia de aislamiento y carpinterías eficientes.

Por consiguiente, la primera medida considerada es la mejora integral de la envolvente, interviniendo en el exterior del cerramiento mediante la implementación de un sistema SATE, en la cubierta con paneles aislantes y la creación de una nueva cámara de aire, y reemplazando los huecos acristalados por vidrios dobles de baja emisividad y carpinterías con rotura de puente térmico. Además, se sustituyen los sistemas de climatización por un sistema multizona con equipos autónomos y un sistema de ventilación con recuperador de calor. En conjunto se

reducen las demandas de calefacción en un 80% y las de refrigeración en un 50%. Al realizar modificaciones simultáneas en diversos aspectos, se llevaron a cabo ensayos separados con el aislamiento y los equipos, concluyendo que los sistemas de climatización y ventilación eficientes son los que favorecen una mejora en la calificación energética, si bien alcanzan su mayor rendimiento cuando el edificio requiere de menos recursos, es decir, cuando se mejora su envolvente.

A partir de la solución SATE, se exploran variantes de fachada, como la ventilada y la vegetal, como proceso de experimentación y de aporte de soluciones al catálogo. La conclusión es que la fachada vegetal ofrece mejores condiciones en términos de demandas de calefacción, pero el alto mantenimiento que conlleva a lo largo de su vida útil, junto a los costos asociados, llevan a descartar esta opción. El debate se centra entre la fachada ventilada y el SATE, hacia quienes el programa HULC no muestra grandes diferencias, aunque, como se comentó previamente, la experiencia personal y los conceptos adquiridos inclinan la elección hacia la primera opción, dado que interviene el fenómeno de la convección añadido a la conducción, lo cual debería mejorar las condiciones de transmisión térmica de la fachada.

Existen varios estudios sobre esto, pero ninguno alcanza una conclusión clara: los casos prácticos suelen realizarse en fachada sur y norte, mientras que esto se debería realizar en este y oeste, ya que la fachada sur es la que menor incidencia solar recibe en verano por el ángulo de azimut.

Esto es algo que se experimenta con el programa, alcanzando la conclusión previamente estimada y ahora verificada, de que el SATE resultará más adecuado en entornos con altas necesidades de calefacción, mientras que la fachada ventilada será más apropiada en áreas con demandas de refrigeración.

En definitiva, la combinación de ambos sistemas en un mismo bloques representa la solución óptima, permitiendo establecer diferentes parámetros y soluciones acorde a la orientación de fachada.

En la segunda parte aparecen el corredor bioclimático junto a la galería solar, conceptos desarrollados por Ruiz Larrea en el Hemiciclo Solar. Esta solución establece un nuevo espacio alrededor del existente, generando condiciones de intercambio de calor que previamente no se presentaban.

Estas condiciones solo pueden estimarse mediante enfoques empíricos, ya que las curvas de transmisión de calor varían a lo largo del año con ciclos periódicos en contraste con la estacionalidad estable y predecible en un clima específico. La práctica de estos casos da como resultado una calificación mayor a la que aporta el programa utilizado, puesto que el intercambio no se produce de forma convencional. El cerramiento, antes interpuesto entre un espacio interior calefactado y otro exterior, ahora se ubica entre dos espacios interiores, uno calefactado y el otro no, con una temperatura media estimada en 13-14°, lo que reduce prácticamente a cero el intercambio de energía por conducción en esta envolvente.

Al crear un nuevo espacio con esta temperatura, aparecen fluctuaciones térmicas en el tiempo, con grandes intervalos en periodos significativamente más cortos que los presentes en el intercambio unidireccional existente con el ambiente exterior. Esto requiere un control exhaustivo para cuantificar los valores obtenidos y llegar a una serie de conclusiones al final del experimento.

La experiencia práctica revela que la calificación energética será mayor que la que la proporcionada por el programa, debido a los motivos mencionado. Por lo tanto, estas soluciones que no deben descartarse en intervenciones en edificios, además de ser versátiles y ofrecer diversas soluciones que dan cabida a la imaginación.

Como hemos observado, lo lógico sería afirmar que la mejor alternativa es la sustitución de los sistemas de climatización, ventilación y ACS, dado que llevarán a un mayor ahorro energético, con menor consumo y reduciendo las emisiones de carbono.

Sin embargo, la rehabilitación energética se produce sobre edificios obsoletos a nivel bioclimático, lo que suele estar vinculado a la pobreza energética y poblaciones con bajos ingresos. Por lo tanto, abordar estas actualizaciones de los sistemas activos puede plantear un desafío significativo. Con ello, la cuestión es si mejorar realmente la calificación supone una mejora de la calidad de vida de los usuarios, ya que una mejora de las emisiones a cambio del alto coste supuesto,

puede no ser rentabilizado hasta muchos años después, algo que una población de mediana y alta edad como es la de esta calle, puede no estar dispuesta a asimilar.

Ante este paradigma, se estima que la mejor solución es la mejora de la envolvente, haciendo que los edificios reduzcan su consumo energético y emisiones, algo que en situaciones propicias, vendría acompañado de la mejora de los sistemas activos para alcanzar la máxima eficiencia.

Dentro de esta mejora de la envolvente, se han identificado diversas soluciones que abarcan una amplia gama, desde la más sencilla como es el SATE, ampliamente utilizado, hasta la generación de nuevos espacios exteriores, con realidades más complejas donde incluso se implican intervenciones a nivel urbano.

Por ello, no existe una solución única que sea más adecuada, ya que se deben analizar y estudiar distintos parámetros y condicionantes, como la inversión económica y la mejora resultante, además de requerir una interacción significativa con los vecinos del lugar, algo que destaca continuamente Rubio del Val.

Existen actualmente diversas ayudas e incentivos para combatir la pobreza energética, buscando transformar los hogares y hacerlos más resilientes, sostenibles y cómodos, haciendo que sean accesibles para todos.

Por ello la solución más económica vendría dada por el SATE e incluso por la sustitución de las carpinterías, pero existen elementos que podrían mejorar las condiciones de las viviendas en nuevos niveles energéticos.

Este trabajo, ha llevado a localizar distintos métodos de intervención, demostrando que la mejora de la envolvente lleva a una reducción de la demanda energética, con una disminución del consumo a partir de sistemas más eficientes.

Es por ello que los nuevos edificios deben tener en cuenta todos estos parámetros desde la base, concibiendo una envolvente adecuada a cada una de las orientaciones y condiciones ambientales, con carpinterías y vidrios que minimicen las emisiones al exterior. Además, se deben establecer sistemas pasivos de climatización, como chimeneas solares o pozos canadienses, y considerar la integración de las ya mencionadas galerías bioclimáticas, algo que se ha demostrado puede formar parte del diseño arquitectónico.

En esencia, este estudio acerca de la rehabilitación sostenible de la calle Santa Fe, en Alcalá de Henares, busca demostrar cómo estas actuaciones ayudan a mejorar la calidad de vida y las condiciones de habitabilidad de los usuarios, con el objetivo de generar conciencia sobre la importancia de dichas intervenciones en términos económicos, sociales y climáticos.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agüedo Bonilla, R. (2021). *Sistemas de ventilación y la reducción del consumo energético. Clasificación, cuantificación y análisis de la ventilación natural*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Madrid.

ANFAPA (2021). SATE. Definición del sistema. Disponible en: <https://anfapa.com/articulos-tecnicos-sate/1255/sate-definicion-del-sistema>. [Consultado 04-03-2023]

Ayuntamiento de Zaragoza, Sociedad Municipal de Rehabilitación Urbana de Zaragoza (2005) *Estudios y propuestas de rehabilitación de 21 conjuntos urbanos de interés en Zaragoza*. Zaragoza: SMRUZ

CENER (2014). Estudio T-NZEB. Transformación de edificios existentes hacia edificios de consumo casi nulo. Disponible en: <https://static.construible.es/media/2016/12/20140904-revilicia-cener-informe-estudio-nzeb.pdf> [Consultado 04-03-2023]

Coellar Heredia, F. (2013) *Diseño Arquitectónico sostenible y evaluación energética de la edificación*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Cuenca.

Deutsche Bank (2022). Barrio del Aeropuerto: de patito feo a cisne. Disponible en: https://country.db.com/news/detail/20220620-barrio-del-aeropuerto-de-patito-feo-a-cisne?language_id=1 [Consultado 04-03-2023]

Ecococos (2012). Paisaje Transversal blog. Esto no es un solar (I): El proyecto. Disponible en: <https://paisajetransversal.org/2012/06/esto-no-es-un-solar-i-el-proyecto/> [Consultado 10-06-2023]

Galera, C. (2012). "Rehabilitación Sostenible: Revitalización urbana de Zaragoza" *Hábitat Futuro*, 37 (8), pp. 40-48.

Grupo Tecma Red S.L. (2019). Construable. La regeneración del barrio del aeropuerto de Madrid. Disponible en: <https://www.construible.es/comunicaciones/comunicacion-regeneracion-barrio-aeropuerto-madrid> [Consultado 04-03-2023]

Isover (2016) Guía de montaje para fachadas SATE. Catálogo online. Disponible en: https://www.isover.es/sites/isover.es/files/assets/documents/manual_mon-taje_sate2016.pdf [Consultado 03-03-2023]

Huellas de arquitectura (2018). Muro Trombe. Qué son y cómo funcionan. Disponible en: <https://huellasdearquitectura.com/2018/10/22/muros-trombe-que-son-y-como-funcionan/> [Consultado 18-06-2023]

Instituto de Estadística de Cataluña (2021). Idescat. Población que no puede mantener el hogar adecuadamente caliente según situación de pobreza. Disponible en: <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ods&n=13527&n=13527&lang=es> [Consultado 31-03-2023]

Lacaton, A., Vassal, J. (2021) *Espacio libre, transformación, habitar*. Barcelona: Puente Editores y Museo ICO.

Lázaro Sebastián, L. (2017). *El BIM y la simulación energética para el diseño de estrategias de rehabilitación energética de la envolvente opaca*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Zaragoza.

León Vázquez, JC. (2013). *Parámetros de diseño de la chimenea solar*. Tesis Final de Máster. Universidad Politécnica de Cataluña.

Martínez, M., Morales, F. (2021). "El futuro corazón verde del barrio del aeropuerto enfrenta a sus vecinos" **Madridiario**. 16 de febrero. Disponible en <https://www.madridiario.es/futuro-corazon-verde-barrio-aeropuerto-enfrenta-vecinos> [Consultado 04-03-2023].

Martos Fernández, M.J. (2022) *Estudio de rehabilitación energética de un conjunto residencial*. Trabajo Fin de Grado. Universidad Politécnica de Madrid.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021) Energía y desarrollo sostenible. Disponible en <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/> [Consultado 31-03-2023]

Minvu (2018) ¿Qué es la calificación energética de una vivienda y por qué es importante? Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Disponible en <https://atencionciudadana.minvu.gob.cl/que-es-la-calificacion-energetica-de-una-vivienda-y-por-que-es-importante/> [Consultado 10-06-2023]

Morcillo, D (2014). ***La rehabilitación de ciudad de los ángeles en Madrid. Mejorar la habitabilidad de un barrio de 1950 con criterios de eficiencia energética***. Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid. Disponible en: <http://www.conama.org/conama/download/files/conama2014/CT%202014/1896711600.pdf> [Consultado 04-03-2023]

Naciones Unidas (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> [Consultado 20-06-2023]

RETEMA (2021). *El barrio de Coronación de Vitoria da un paso más hacia la realidad de Ciudades Inteligentes de Carbono Cero*. Reportaje de Veolla España, Especial Bioenergía p. 98-103

Rubio del Val, J. (2011) "Regeneración urbana integral, revitalización de barrios y rehabilitación energética de edificios existentes. Nuevas estrategias y modelos de gestión inteligentes". *Luces y sombras de la rehabilitación urbana en España. Un repaso crítico: La hora del relevo*. Presentación en Universidad de Alcalá, 2011.

RuizLarrea (2009). Hemiciclo solar. Disponible en: <https://ruizlarrea.com/hemiciclo-solar/> [Consultado 18-06-2023]

SAATE (2019). ¿Qué es una fachada ventilada? Disponible en: <https://www.saate.es/blog/que-es-una-fachada-ventilada> [Consultado 31-03-2023]

Serra, R. (1999). *Arquitectura y climas*. Barcelona: Gustavo Gili

Sole Bonet, J. (2021) Fachada ventilada o SATE: ¿qué aislamiento es mejor? Disponible en: <https://www.caloryfrio.com/construccion-sostenible/aislamiento-y-humedad/fachada-ventilada-o-sate-que-aislamiento-es-mejor.html> [Consultado 31-03-2023]

