

**ARQUITECTURA RESIDENCIAL MILITAR SEVILLANA, AÑOS 50.
Eficiencia energética y rehabilitación sostenible.**



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE SEVILLA

T.F.G.

Grado en Fundamentos de Arquitectura

Grupo M

Curso 2017/2018

Alumno: *Dorado Ruiz, Selena*
Profesor: *María Mercedes Ponce Ortiz*

D.N.I. 30239402-Z
04 de Julio de 2018

ARQUITECTURA RESIDENCIAL MILITAR SEVILLANA, AÑOS 50. Eficiencia energética y rehabilitación sostenible.

INDICE

1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN	
- Introducción.....	3
- Justificación del estudio.....	8
2. MÉTODO DE ESTUDIO.....	11
3. ESTADO DE LA CUESTIÓN	
- Publicaciones e investigaciones relacionadas.....	12
- Marco normativo	13
4. EL MODELO DE ANÁLISIS	
- Estudio de los edif. militares construidos en la década de los '50.....	15
Antecedentes.	
Situación dentro de la ciudad.	
- Análisis del caso de estudio.....	24
Estudio medioambiental	
Técnicas constructivas y materiales utilizados. Cálculo del comportamiento térmico. Certificación energética estado actual.	
- Propuesta de rehabilitación.....	43
Normativa de aplicación.	
Propuesta constructiva. Cálculo del comportamiento térmico (comparativo actual-propuesta). Certificación energética propuesta.	
5. SÍNTESIS DEL ESTUDIO.....	52
6. CONCLUSIONES.....	53
7. BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEJO I: Certificación energética del edificio caso de estudio.	56
ANEJO II: Fichas técnicas.....	67

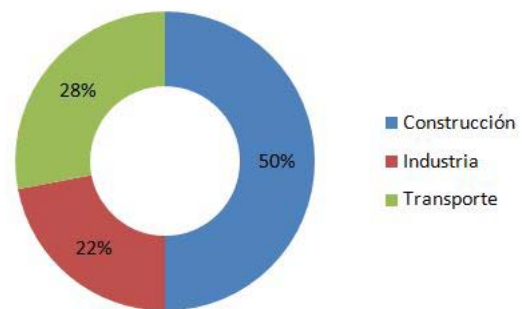
1. OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN

- Introducción.

Actualmente, el sector de la construcción pasa por un momento de transición en el que necesita adaptarse a las nuevas técnicas y materiales para disminuir su incidencia en el medio ambiente.

Desde mediados de siglo, las principales instituciones gubernamentales del mundo se han reunido para dar solución al impacto ambiental que el ser humano tiene sobre el planeta y el peligro de sufrir un cambio climático que nos impida llevar a cabo nuestra vida en términos de confort. Concretamente, la construcción de edificios, así como el consumo energético que sus usuarios necesitan para su funcionamiento interno, son una de las principales causas de la contaminación global.

Contaminantes



Img 1. Contaminantes. Ed: elab. propia.

Por ejemplo, el "Informe Brundtland", en 1987, fue el primer estudio realizado para tratar de acabar con el conflicto entre desarrollo económico y sustentabilidad ambiental. Tenía como objetivo la concienciación de la sociedad para hacer visible un problema que estaba mermando a una velocidad desorbitada las capacidades de nuestro planeta. Denunciaba de esta manera que se estaba vulnerando a una gran mayoría, produciendo en grandes

proporciones pobreza energética (incapacidad de mantener una edificación en condiciones normales de temperatura sin utilizar medios mecánicos). En el libro "nuestro futuro común" (Our common future, en inglés) se habla por primera vez de *desarrollo sostenible*, definido como *aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones*. Se solicita así, y a nivel mundial, conciencia a la hora de utilizar los recursos naturales, control sobre los residuos y la contaminación producida en su transformación y preocupación por los que vendrán después, para que la sociedad pueda perdurar en el tiempo tal y como la conocemos en la actualidad.



Img 2. Desarrollo sostenible. Ed: <http://nicolasmartincuencahistoria.blogspot.com>.

Por otra parte, el World Watch Institute, institución no gubernamental creada en 1974, publica desde 1984 el libro "The State of the World", que trata de poner en conocimiento el gran impacto que el mal uso de los recursos naturales por parte del ser humano está teniendo en el resto de seres vivos y en la naturaleza en general, resumiendo el estado en el que el planeta se encuentra anualmente.

De las conclusiones sacadas de la publicación del año 2000 surge la declaración de UN que recoge "8 millennium development goals", plan de trabajo para los años 2000 a 2015 votado por unanimidad por 189 países.



Img 3. 8 millennium development goals (MDGs). Ed: <https://comhlamh.org>

Otro importante paso hacia la sostenibilidad ambiental lo dio Henry Kendall, cofundador de la UCS en 1969. Dicha institución fue creada para financiar investigaciones sobre los problemas sociales y medioambientales. De este modo, crean el documento "World Scientists' Warning of Humanity", redactado por 1680 científicos de 49 países (140 premios nóbel, entre los que se encontraba Stephen Hawking). El documento empieza así:

“Human beings and the natural world are on a collision course. Las actividades humanas infligen daños severos y a menudo irreparables al medio ambiente y a los recursos críticos. Muchas de nuestras practicas actuales, si no son controladas, ponen en riesgo al futuro que deseamos tanto para la sociedad humana como para los reinos de los animales y las plantas, posiblemente alterando al mundo viviente en forma tal que será imposible sostener la vida en la manera como ahora la conocemos. Es urgente llevar a cabo cambios fundamentales si queremos evitar la colisión que nuestro curso actual nos va a traer.”

Así, los más destacados científicos del planeta tratan de transmitir su preocupación por el futuro de nuestro planeta y hacer ver que las actividades humanas actuales, y como hemos visto, la construcción en mayor medida, son muy perjudiciales para el futuro de todos.

Esto hace que nos preguntemos por qué se realizan tantos estudios, por qué existe esta alarma, todo a partir de la segunda mitad del s. XX.

La revolución industrial que se da durante el s. XIX inicia una nueva etapa de producción, evolución y tecnología. Se llevan a cabo gran cantidad y variedad de maquinarias que aceleran los procesos de fabricación y reducen la mano de obra. Esto tiene como consecuencia una bajada importante de los costes de producción y un aumento aun más significativo de las unidades producidas. De esta manera, comienza un ciclo incontrolado de explotación de los recursos y fabricación en serie de multitud de productos que, como consecuencia, tienen una calidad mucho menor.

Si analizamos esta situación, nos encontramos con un panorama impactante: el ser humano tarda alrededor de 20000 años en conseguir una sociedad organizada, con recursos suficientes para su supervivencia pero aun con muchas dificultades. En apenas 100 años, pasa de considerar la primera avioneta como un gran descubrimiento a pisar la luna. Esto supone un aumento de la velocidad de evolución del ser humano frenética y esta evolución desorbitada arrastra una dependencia energética de la misma magnitud.

Es decir, el ser humano, con la llegada de la revolución industrial, se deja arrastrar por estas facilidades y deja de reflexionar, niega la mirada al pasado y al entendimiento de las cosas que le rodean. Todo ello, produce un irresponsable consumo del planeta para la creación de productos cada vez menos duraderos. La sociedad empieza a depender completamente de objetos que nunca han sido necesarios para la realización de las mismas tareas. El consumo se apodera de la sociedad, creando una necesidad de renovarse, de adquirir los productos más innovadores, sin razonar por qué desecha el anterior.

En la actualidad, el 30% de los recursos del planeta están agotados y existe una preocupante dependencia energética de fuentes no renovables, recursos que en unas décadas estarán agotados. Y es aquí donde la construcción se ve directamente afectada. Los edificios construidos actualmente no están preparados para funcionar sin estas energías, por no mencionar la huella ecológica que han dejado durante su construcción, así como la contaminación que producen durante su vida útil. Es por ello, que el sector debe renovarse, reflexionar sobre su estado actual y adaptarse para evolucionar en la dirección correcta: la resiliencia.

Nuevos objetivos: resiliencia.

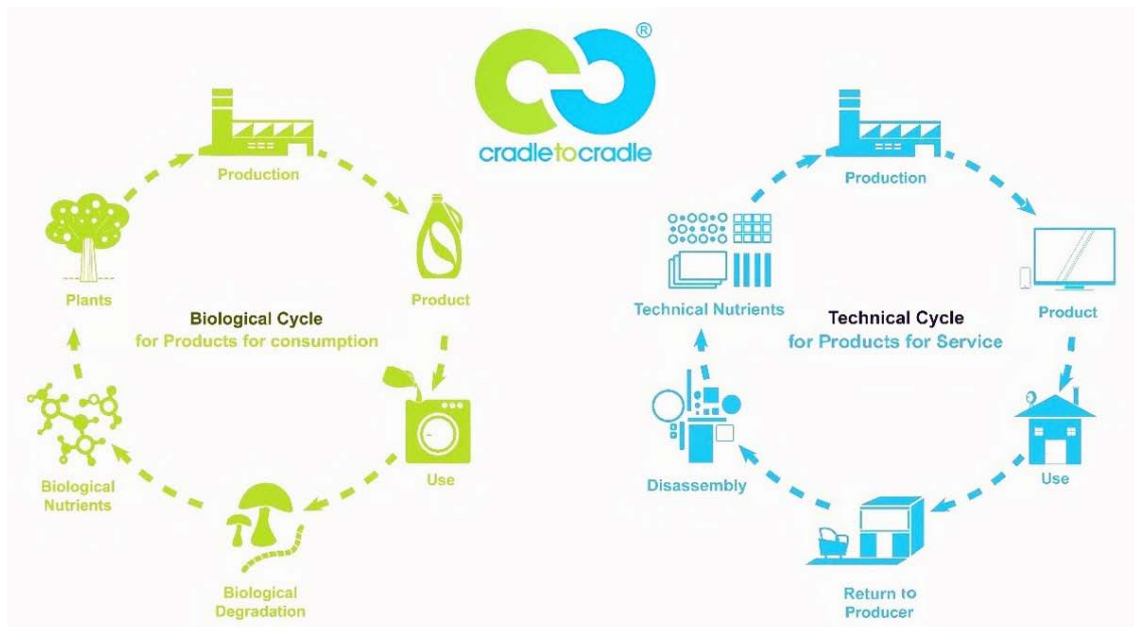
Existen muchas definiciones para la palabra "resiliencia", pero el que se quiere expresar aquí es el siguiente:

Capacidad de un sistema para sobrevivir después de un impacto que hace peligrar su estabilidad.

De este modo, se plantea aportar a la arquitectura la capacidad de adaptarse al entorno que le rodea, aprovechando sus oportunidades y combatiendo sus dificultades, desde el propio diseño, sin depender primariamente de la tecnología y de las energías finitas.

Esto se corresponde con las teorías de pensamiento sistémico, que tratan de comprender la magnitud del problema desde todos los componentes del propio sistema, con una visión global y completa.

Una de las teorías más conocidas en el mundo de la arquitectura sostenible es la de "Cradle to Cradle" (de la cuna a la cuna). Postulada por el químico alemán Michael Braungart y el arquitecto estadounidense William McDonough, defiende que es tiempo para los seres humanos de jugar un papel constructivo en la naturaleza y atajar los problemas desde su mismo origen, trabajando para que desde el propio diseño y concepción de cualquier producto se tengan en cuenta todas las fases de su ciclo de vida (extracción, procesamiento, utilización, reutilización, reciclaje...) de manera que el balance de gastos y aporte de materias primas y energía sea positivo.

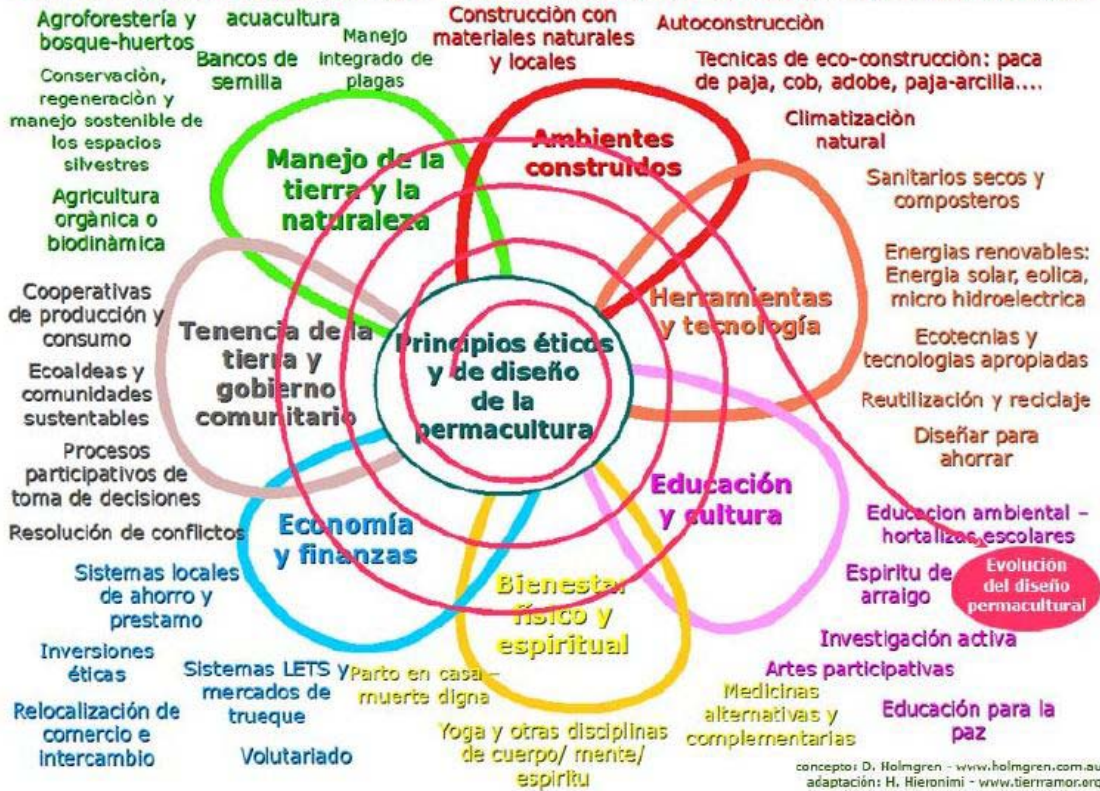


Img 4. Cradle to Cradle. Ed: <https://terra.org>

Para esto abogan por edificios que, al igual que los árboles, produzcan más energía de la que consumen y depuren sus propias aguas residuales, industrias que generen como efluente agua potable y productos que, una vez finalizada su vida útil, no se conviertan en basura inútil, sino que puedan ser devueltos al suelo para que se descompongan y se conviertan en alimentos para plantas y animales, y en nutrientes para la tierra; o, en caso contrario, que puedan ser reincorporados a los ciclos industriales para proporcionar materias primas de alta calidad para nuevos productos.

La permacultura también juega un papel importante en el diseño arquitectónico sostenible. Es la filosofía de trabajar CON y no contra la naturaleza, de modo que se planteen diseños que nos incluyan en su funcionamiento, sin destruirla.

La Flor de la Permacultura – Siete dominios de acción permacultural



Img 5. La flor de la permacultura. Ed: Curso Experto en Bioarquitectura. Ivet Compañó.

Siguiendo estas pautas, se defiende la idea de que la rehabilitación de los edificios ya existentes es la mejor manera de ser respetuosos con el medio ambiente, ya que se trata de alargar la vida útil de un producto que ya ha sido creado y gastado. Y se propone llevarla a cabo con técnicas que mejoren su comportamiento bioclimático, con materiales naturales, aportando valor a la edificación y consiguiendo que sus usuarios no dependan de la energía no renovable del sistema, sino que ésta se convierta sólo en un apoyo para momentos de clima extremo.

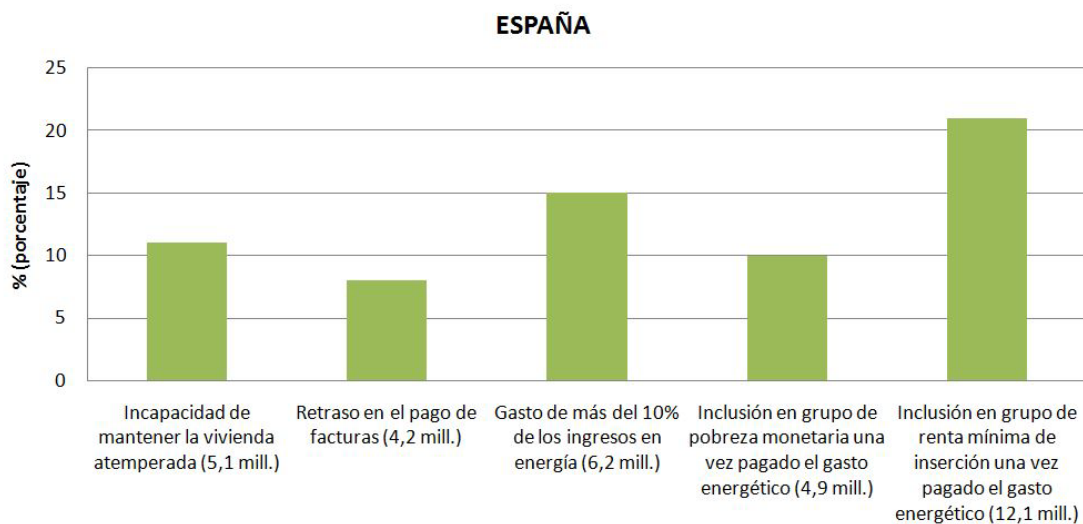
- **Justificación del estudio**

La pobreza energética es un problema real que afecta a miles de millones de personas en todo el mundo. Si hablamos sólo de los países desarrollados, se entiende por pobreza energética la incapacidad de mantener una vivienda en condiciones de confort, generalmente derivado de una imposibilidad de pago de la energía suficiente para cubrir estas necesidades. Esta situación incide directamente en el confort de las personas que habitan en el edificio, la reducción de la renta disponible para otras actividades esenciales, malas condiciones de habitabilidad que pueden afectar a la salud de los usuarios y riesgo de impago.

Este problema afectaba en 2014 a más de un 11% de la población en la Unión Europea (50,8 millones de ciudadanos). Por ello, el 30 de noviembre de 2016 se publica un "nuevo paquete de medidas" que pretende dar pautas a seguir para solventar, en la medida de lo posible y durante un período de tiempo, la pobreza energética en los países europeos. Se solicitan actuaciones tales como:

- Eficiencia energética.
- Energías limpias.
- Constitución de un observatorio de pobreza energética.
- Planes de energía y clima.

Si analizamos el problema concretamente en España, las cifras indican que se trata de un problema a tener en cuenta, pues más de la mitad de la población se ve afectada en mayor o menor medida.



Img 6. Pobreza energética en España. Ed: Elab. propia. Fuente: <https://www.cienciasambientales.org.es>

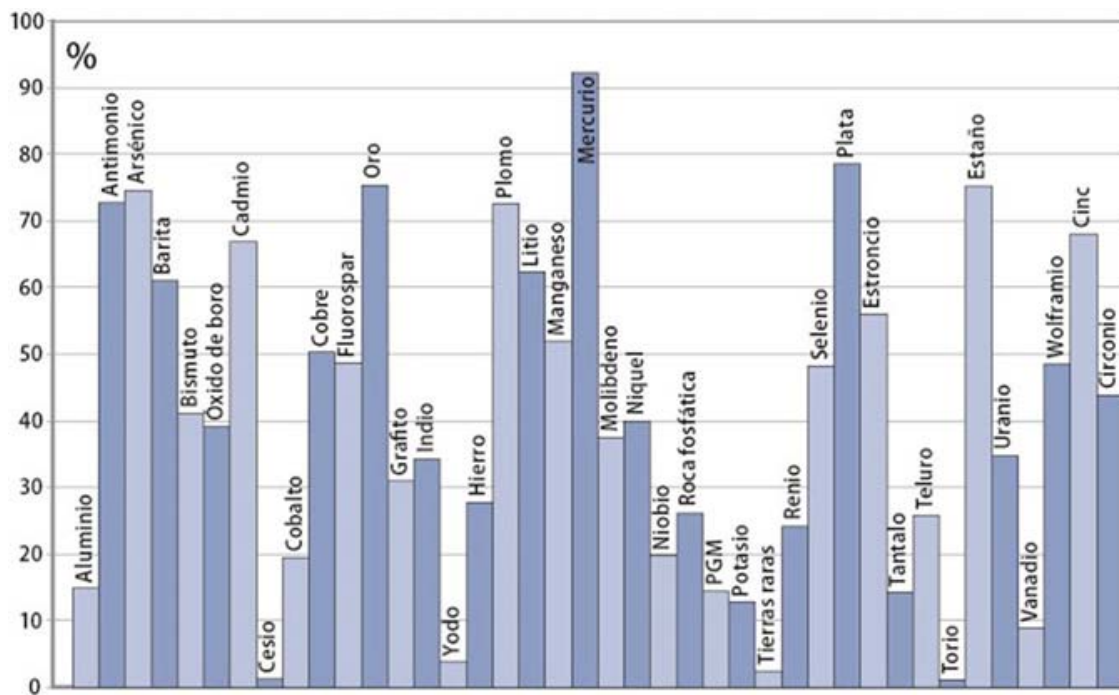
Los materiales utilizados habitualmente en la construcción de cualquier edificio es otro factor a tener en cuenta en este estudio debido a su alto índice de gasto de energético y su contaminación en los diferentes procesos que se llevan a cabo hasta su puesta en obra.

La mitad de los materiales empleados en la construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente 450 toneladas de residuos sólo en la Unión Europea. Esto se traduce en que la construcción es responsable del empleo del 50% de los recursos naturales del planeta, del 40% de la energía consumida y del 50% de los residuos generados. Esto, sumado al hecho de que los materiales se procesan de modo que, en su mayoría, pasan a ser contaminantes al final de su vida útil y no reciclables, provoca una situación insostenible para nuestro planeta.

Actualmente, no existe ninguna normativa de obligado cumplimiento que regule el uso de materiales y la contaminación de los edificios. Sólo se ha realizado un "plan de acción" que pretende fomentar el uso de materiales respetuosos con el medio ambiente, redactado el 31 de mayo de 1999.

Pero no sólo hay que preocuparse por la contaminación. Otro problema alarmante es el consumo de la mayor parte de los recursos que el planeta contiene y la necesidad de sustituir los materiales habituales por otros que permitan ser reutilizados, reciclados y reproducidos fácilmente en la naturaleza, pues sino conseguimos cambiar la práctica actual, no será posible la resiliencia y nos encontraremos en una situación de desesperación ante un problema para el que no tenemos solución inmediata.

El consumo de minerales es esencial para el funcionamiento de la civilización moderna. Entre un 8 y un 10% de nuestra energía, es decir, de nuestra capacidad de trabajo total, se emplea en la extracción de minerales. Según el Instituto para la Información de Minerales (IIM), un norteamericano medio necesita 17 toneladas anuales de minerales para mantener su nivel de vida. Y los nuevos desarrollos tecnológicos vinculados a la tercera revolución industrial son altamente demandantes de algunos minerales. El MIT de Massachusetts ha publicado un informe donde señala algunos minerales críticos para la implementación de la tercera revolución industrial. La Unión Europea en 2010 reconoció ya una situación crítica en 14 materias primas minerales.



Img 7. Agotamiento de minerales. Ed: <http://www.lineaverdemostoles.com>.

Un ejemplo de las amenazas que implica el agotamiento de los minerales no energéticos es el pico del fósforo. El fósforo es un material fundamental para la agricultura moderna, porque es la base de los fertilizantes que explican la actual productividad agrícola. Pues el punto máximo de extracción de este material estratégico se espera para algún momento de la primera mitad del siglo XXI.

Antonio y Alicia Valero, de la Universidad de Zaragoza, han desarrollado una interesante metodología de análisis de riqueza mineral donde han calculado el grado de agotamiento de 51 minerales no energéticos. La conclusión general del estudio es que sólo en el siglo XX hemos degradado un 26% de las reservas de minerales del mundo y estamos en una tendencia exponencial creciente. Hecho ese cálculo para España, en un siglo hemos agotado el 45% de nuestro capital mineral general, con datos tan alarmantes como un 64% de cobre, un 68% de plomo y un 89% de nuestra riqueza de mercurio. Los datos de este estudio también arrojan que los picos productivos de metales tan abundantes y tan necesarios como el hierro se alcanzará en 2068, el del aluminio en 2057 y el de cobre, fundamental para una transición a una sociedad de base eléctrica, en 2024.

En base a lo expuesto, este estudio se centra en los edificios de viviendas plurifamiliares militares construidos en la década de los '50 pues, sólo entre 1939 y 1979 se construyó la mitad del parque de viviendas de España en el s. XX y un 42% de lo construido hasta ahora. La mayoría de estas construcciones fueron viviendas sociales, donde primaba dar cobijo a las personas que permanecían sin hogar tras la guerra civil antes que la calidad de su construcción, ya que los recursos eran limitados.

Esto se traduce en más de 75.000 viviendas construidas de las cuales, más de la mitad incumplen los niveles mínimos de confort que se exigen en la actualidad.

Con los datos conseguidos, se propone una mejora de las condiciones de habitabilidad mediante una rehabilitación de la envolvente térmica con materiales respetuosos con el medio ambiente, realizando una comparativa entre la eficiencia energética del edificio en su estado actual y con la aplicación de la propuesta. Así mismo, el estudio de los materiales y las decisiones constructivas se realizan en base a unas estrategias climáticas pasivas y activas, previo estudio del clima de la zona en cuestión, que hacen que el edificio funcione como un todo. Para ello, será necesario la participación de los usuarios pues, si estas medidas no se ponen en práctica con la lógica para la que se diseñan, no tienen ninguna utilidad. Por último, se lleva a cabo un cálculo numérico que demuestra la mejora en cuanto a comportamiento térmico se refiere de la envolvente del edificio, así como detalles constructivos que especifican todos los componentes propuestos.

2. MÉTODO DE ESTUDIO

1º Estudio medioambiental de la zona:

Se analiza el clima en el que se ubica el caso de estudio. Se estudio el soleamiento, no sólo de las fachadas, sino también de los huecos de cada una de ellas, y las sombras que proyecten los elementos cercanos sobre la edificación en diferentes momentos del día, teniendo en cuenta las posibles alternancias de la vegetación durante las estaciones del año. Se determinan los vientos dominantes y se hace un estudio de la ventilación natural de que se dispone en las diferentes viviendas.

2º Descripción formal:

Se describe el edificio en cuanto a situación dentro de su entorno y distribución interior, así como los elementos de interés que participen en él.

3º Descripción material:

Se describen constructivamente los elementos de fachada, carpinterías y cubierta detalladamente.

4º Análisis:

Se analiza el edificio, detectando las deficiencias en cuanto a eficiencia energética de su envolvente y las posibles ventajas que se puedan aprovechar para su mejora.

5º Síntesis:

Se reúne toda la información recopilada para comprender las relaciones y explicar las conclusiones extraídas.

6º Propuesta de mejora:

Se propone una serie de actuaciones en el edificio que mejoren el comportamiento energético de la envolvente térmica y el confort en el interior de las viviendas que lo componen, apoyado por estrategias pasivas que permitan un ahorro mayor y aporten valor al bienestar de los usuarios.

3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

- Publicaciones e investigaciones relacionadas

01. Samuel Domínguez Amarillo, Juan José Sendra, Ignacio Oteiza San José. "La envolvente térmica de la vivienda social : el caso de Sevilla, 1939 a 1979". Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, 2016. Madrid.

Estudia el parque residencial edificado en Sevilla entre 1939 y 1979 desde una perspectiva energética. Trata de caracterizar sus componentes y analiza sus problemas en cuanto a eficiencia energética con la idea de que la información recabada pueda extrapolarse a casos similares.

02. Helena Granados Menéndez. "Rehabilitación energética de edificios". Tornapunta, 2012. Madrid.

Estudia los diferentes sistemas que intervienen directamente en la eficiencia energética de los edificios y propone modelos de mejora de los mismos para conseguir un aumento en la eficiencia de los edificios en la época actual.

03. Victor Fernández Salinas. "La reforma interior de Sevilla entre 1940 y 1959". Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones [etc.], 1998. Sevilla.

Estudia al detalle las modificaciones que durante los años de posguerra sufrió la ciudad de Sevilla. Hace un listado de cada barrio edificado en estos años y analiza la situación social y urbana en cada década.

04. Moreno Moreno, Isabel. "Aportaciones de la construcción militar a la arquitectura residencial del período de desarrollo". Libro 2, Congreso INDB 1133.

Inicia la investigación remontándose al periodo anterior a la Guerra Civil y estudia la evolución que la arquitectura residencial sufre durante estos años y hasta la posguerra gracias a las subvenciones proporcionadas por el Patronato de Casas Militares. Describe las soluciones constructivas que se investigaron en esa época, detallando sus componentes y sus posibilidades de uso.

05. M. Beltrán-Fernández, J. García-Muñoz, E. Dufrasnes. "Análisis de las estrategias bioclimáticas empleadas por Frank Lloyd Wright en la casa Jacobs I". Informes de la construcción Vol. 69, 547, e213, 2017.

Estudio de las técnicas constructivas y bioclimáticas aplicadas en el proyecto para la casa Jacobs I por el arquitecto Frank Lloyd Wright. Análisis y reflexión sobre la repercusión de estas actuaciones en el comportamiento térmico del edificio.

06. Porras Pavón, M.D. (2016). "La rehabilitación energética de la vivienda tradicional mediterránea y los objetivos del H2020" (Trabajo fin de grado inédito). Universidad de Sevilla. Sevilla.

Estudia los métodos llevados a cabo en edificaciones tradicionales del mediterráneo y su inclusión en los objetivos del H2020.

07. Guerrero Rubio, J. (2015). "Rehabilitación energética de barriadas obsoletas en Andalucía, estudio de soluciones constructivas en módulos de ensayo" (Trabajo Fin de Grado Inédito). Universidad de Sevilla. Sevilla.

Estudia la necesidad de rehabilitar las barriadas que hoy en día se encuentran en abandono o en avanzada decadencia y crea un compendio de actuaciones que pueden aplicarse para llevarlas a cabo.

08. Muñoz Rodríguez, J. (2016). "Propuestas de mejora de la calificación energética de la vivienda social colectiva mediterránea construida entre 1950 y 1980 y su evolución, caso particular viviendas sociales del Polígono San Pablo, Sevilla" (Trabajo fin de grado inédito). Universidad de Sevilla. Sevilla.

Establece una jerarquización de acciones de rehabilitación energética buscando la mejora de su calificación frente a su eficiencia, creando un comparativo entre el estado actual de las edificaciones caso de estudio y el resultado de la propuesta.

- **Marco normativo**

Durante la expansión que sufre Sevilla desde la década de 1940, los esfuerzos del Estado y del Ayuntamiento por establecer una normativa de aplicación que sirviese de apoyo para la ordenación adecuada de la ciudad fueron insuficientes.

Se llevaron a cabo varios proyectos y anteproyectos para el planeamiento de la ciudad, mayoritariamente centrados en actuaciones puntuales dentro del entramado urbano. En la década de 1950 empieza a conformarse un importante respaldo teórico en cuanto a normativa urbanística pero, existía una incertidumbre importante sobre la aplicación de las mismas y no tuvieron presencia en las actuaciones que se llevaron a cabo en esta época.

▪ **El Plan de Ordenación Urbana de 1946 (P.G.O.U).**

En 1936 se nombra a un arquitecto encargado de estudiar los asuntos relacionados con la ordenación urbanística, antes de la Guerra Civil, por lo que sus actuaciones no tuvieron mayor relevancia.

Ya en 1940 se reforman las vigentes ordenanzas de 1920, al menos en lo que se refiere a la construcción. Pero, queriendo profundizar más en ello, se crea en 1941 el Consejo Local de Urbanismo, que se encargó de lanzar un concurso de “Croquis de urbanización del núcleo antiguo, ensanche y alfoz de la ciudad”. De aquí se seleccionan varios proyectos de los cuales uno es ejecutado como anteproyecto. Más adelante se convertiría en el Plan General de Ordenación Urbana.

Éste se centro en varios problemas a diferente escala: el crecimiento alarmante de la población, las comunicaciones dentro de la propia ciudad y la apariencia de la misma.

- **Las Ordenanzas de Policía de la Construcción de 1950.**

El primer intento para establecer ordenanzas sobre la construcción fue en 1943, pero debido a la negligencia de la junta encargada de establecer estas normas, no es hasta 1950 cuando, por primera vez en la historia de la ciudad de Sevilla, aparece una normativa municipal dedicada con exclusividad a controlar la construcción de edificios.

Estas normas se adaptan a lo establecido ya en el PGOU de 1946, creando una zonificación urbana y una clasificación por tipo de inmueble. Se establecen los requisitos mínimos que un solar debe cumplir para poder ser edificado. Es en esta norma donde se establecen las primeras restricciones métricas que tienen que ver con la forma y el volumen, limitando número de plantas, por ejemplo. También se determinan las condiciones mínimas de salubridad y las medidas de los patios y espacios libres. Se organiza un seguimiento de las obras para controlar la documentación necesaria.

También localiza las edificaciones pendientes de reforma, apuntalando las que se encuentran en peor estado, y también indica cuales deben ser demolidas debido a su estado ruinoso.

- **Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios de 1979.**

Pero podemos decir que los edificios construidos entre 1940 y 1950 se ejecutaron sin normativa alguna que estableciera unos niveles mínimos de calidad, pues la primera normativa que se preocupaba por las condiciones térmicas de los edificios apareció ya en 1979, después de la explosión de crecimiento que acontece a este estudio.

Esto se traduce en que, durante el periodo de crecimiento más importante de Sevilla, y de España, las edificaciones se llevaron a cabo sin control y sin preocupación por el bienestar y el confort de los futuros usuarios.

4. EL MODELO DE ANÁLISIS

- **Estudio de los edificios militares construidos en la década de los '50**
- **Antecedentes.**

Cuando pensamos en arquitectura militar siempre recurrimos a elementos amurallados, castillos y fortificaciones, edificaciones muy ligadas a períodos de guerra activa, donde la defensa era esencial y permanente. Pero si hablamos de arquitectura residencial militar nos encontramos con su inexistencia hasta los tiempos de la antigua Roma donde, por primera vez, las tropas se organizan con carácter permanente, pues con anterioridad, el ejército sólo se formaba en tiempos de necesidad y, al acabar la guerra, se disolvía.

Durante la Edad Media, por ejemplo, al no existir necesidad ni recursos para mantener activo el ejército, simplemente se reservaban pequeñas cámaras abovedadas debajo de los adarves para custodia y defensa de las propias murallas.

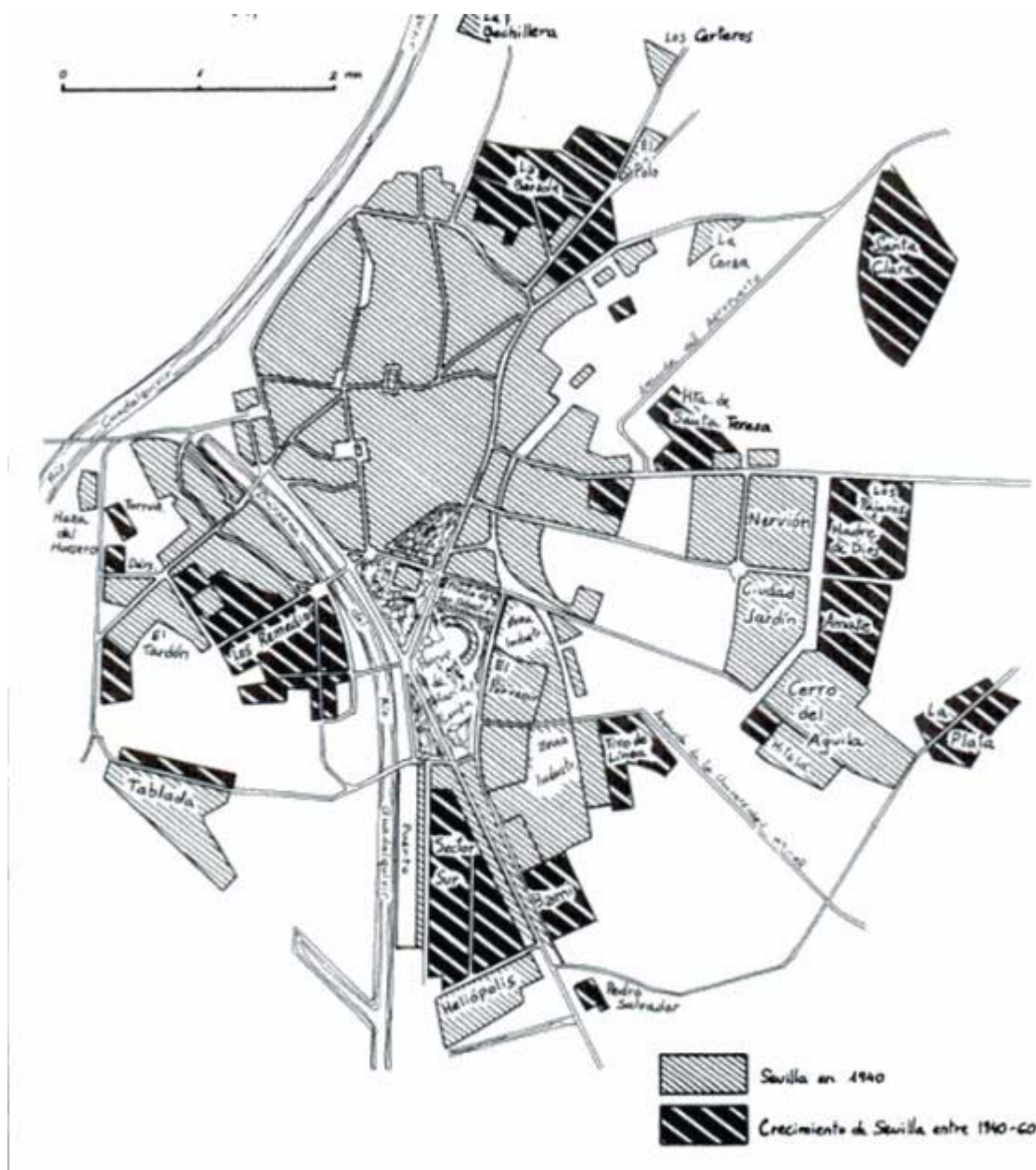
Sin embargo, en Europa, debido a las guerras sucesivas que se producían, se hizo necesario crear alojamientos permanentes. Estos alojamientos se dispusieron en núcleos vecinales, es decir, eran los propios vecinos quienes alojaban en sus viviendas a las tropas que lo necesitaban.

Con el paso del tiempo, el sistema de acuartelamiento empieza a ganar espacio y evoluciona en un modelo más o menos establecido, con unas instalaciones determinadas consideradas imprescindibles para el mantenimiento del orden y la preparación para la defensa en momento de necesidad. Algunas de estas instalaciones eran las siguientes:

- Alojamientos colectivos
- Hospitales militares
- Parques de independencia (alimentación)
- Fábricas de artillería
- Caballerizas

Así surge la palabra “cuartel” definida como “todo edificio o conjunto de edificios destinados a vivienda normal de las tropas de guarnición”.

En el caso concreto de España, durante los inicios del siglo XX, empezaron a producirse migraciones desde las zonas rurales, las cuales crearon una demanda de viviendas que, en esos momentos, la ciudad no podía cubrir. De este modo, se produce un auge de la construcción que desequilibra los precios de compra y alquiler de las viviendas disponibles.



Img 8. Crecimiento de Sevilla en los años 1940 a 1960. Fuente: Fernández Salinas, Victor. "La reforma interior de Sevilla entre 1940 y 1959".

Debido a esto, el Estado se ve obligado a regular esta situación y crea la primera Ley de Casas Baratas. Esta ley pretendía atender las necesidades básicas de una familia tomando medidas como la reducción del tamaño de las habitaciones, simplificando tanto su planteamiento y ejecución que no aporta nada a la innovación en el campo de la arquitectura.

Esta ley sufrió diversas modificaciones, ya que seguía sin conseguir equilibrar el coste de las viviendas con las ganancias medias de la población que las demandaba. En 1923, se crea la Tercera Ley de Casas Baratas, que fomenta una serie de ayudas a la construcción de un determinado tipo de viviendas en cinco niveles económicos:

- Casas ultrabarcas o populares
- Casas baratas
- Casas económicas
- Casas para funcionarios en Madrid y Barcelona
- Casas para militares

Estas últimas se construyeron siendo consideradas viviendas protegidas, aunque las características de que disponían nada tenían que ver con las residencias que se estaban construyendo para las promociones obreras.

Hasta principios del siglo XX, las dependencias cuarteleras acogían al personal del ejército pero, debido al aumento de precios de los alojamientos y la descompensación que existía con los sueldos que recibían, se propuso un nuevo proyecto de viviendas militares que tuviera en cuenta lo siguiente:

- Distintos tipos de viviendas dependiendo de las diferentes categorías militares.
- Limitación de la renta máxima en alquiler según los rangos.
- Cálculo del coste total de la ejecución.
- Análisis de los medios económicos y financieros para poder llevarlo a la práctica.

Para el desarrollo y organización de este proyecto, se crea el Patronato de Casas Militares en 1928, cuyo objetivo principal era la construcción y administración de las nuevas viviendas militares.

Se propusieron distintas tipologías de vivienda dependiendo del rango del personal para el que estuvieran dirigidas:

TIPO A: generales y jefes (170 m²)

- Sala principal
- Despacho
- 5 dormitorios
- Baño
- Comedor
- Cocina
- Despensa
- Aseo

TIPO B: capitanes y tenientes (160 m²)

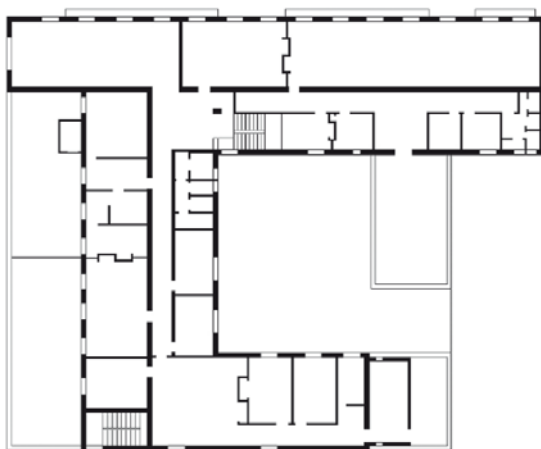
- Sala principal
- Despacho
- 4 dormitorios
- Baño
- Comedor
- Cocina
- Despensa
- Aseo

TIPO C: suboficiales y sargentos (80 m²)

- Salón-comedor
- 3 dormitorios
- Baño
- Cocina
- Despensa
- Aseo

Como se puede observar, existía una distinción muy marcada en cuanto al tamaño de las viviendas dependiendo del rango, lo que dejaba claro que las mejores viviendas estaban destinadas a la clase media-alta. Por este motivo, las subvenciones procedentes de la ley estatal se restringieron sólo a las viviendas para suboficiales (TIPO C) y se redujo la superficie de todas las tipologías: Tipo A (126 m²), tipo B (112 m²) y Tipo C (70 m²).

En paralelo, se construyeron también los llamados “pabellones de solteros”, edificaciones modulares con habitaciones reducidas (disponían de una ventana, un armario contrapeado, una cama y un lavabo) y las cocinas y baños eran de uso colectivo. Un ejemplo de este tipo de edificación es el <Paseo del Mirador>, residencia de solteros y casino en San Juan de Aznalfarache (Sevilla).



Img 9. Paseo del Mirador (San Juan de Aznalfarache). Fuente: Moreno Moreno, Isabel. “Aportaciones de la construcción militar a la arquitectura residencial del periodo de desarrollo”.

Después de la Guerra Civil, comenzaron las tareas de recuperación de la estabilidad económica y de reconstrucción de los daños materiales causados por el acontecimiento.

Se elaboraron nuevas políticas y se crearon nuevas instituciones como la Dirección General de Regiones Devastadas, el Instituto Nacional de la Vivienda y la Obra Sindical del Hogar y Arquitectura, todo ello para la construcción de nuevas viviendas para militares de la mano de los Patronatos de Casas Militares.

En 1939, se creó el Régimen de Protección de la Vivienda, donde empezaron a cuidarse temas como la higiene. Se tomaron en cuenta conceptos como la pureza del aire, la sequedad del suelo, el suministro de agua potable, la ventilación e iluminación y la calidad de los materiales empleados. Todo ello enfocado a mantener la salud de los usuarios de estas viviendas para abaratar, en cierto modo, el gasto que se derivaba de los cuidados médicos necesarios.

En cuanto a la calidad de los materiales, debido al bajo presupuesto de que se disponía y a la urgencia por terminar estas edificaciones tan necesarias para el alojamiento del ejército y los ciudadanos tras la guerra, se utilizaron materiales convencionales, baratos, para asegurar la seguridad estructural de los elementos.

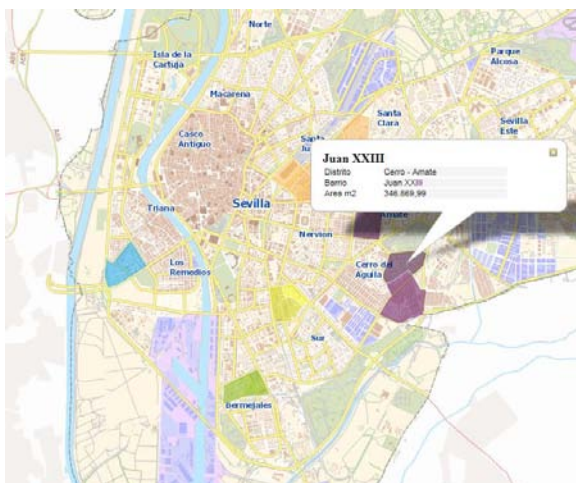
Dicha estructura estaba compuesta, normalmente, por muros de carga, con un uso muy limitado de hormigón armado en pilares. Las construcciones eran de altura reducida para facilitar la construcción y así abaratar el coste en mano de obra.

De este modo, las viviendas para militares construidas durante este periodo, tienen muchas deficiencias en cuanto al confort de sus usuarios debido a la ausencia de aislamiento térmico y a la deficiencia de ventilación.

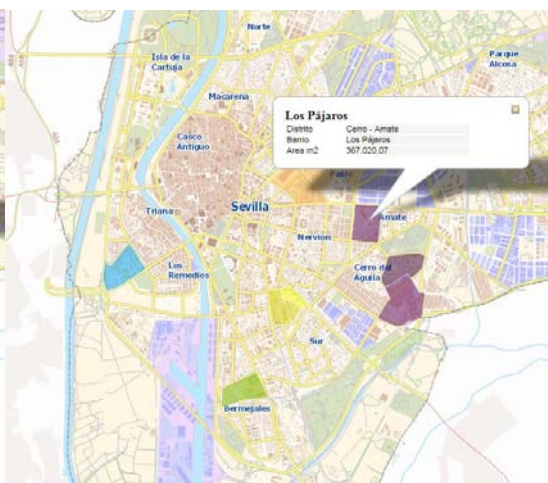
- **Situación dentro de la ciudad.**

En el caso concreto de la ciudad de Sevilla, sólo desde el año 1940 se construyeron más de 75.000 viviendas promocionadas por iniciativas sociales, privadas o para personal militar.

Estas últimas fueron promocionadas por la Obra Sindical del Hogar y se encargaron de la construcción de varios barrios de la ciudad. A continuación, se adjuntan planos de Sevilla con la posición de estos barrios dedicados a dar cobijo al personal militar, construidos entre 1940 y 1960:



Img 10. Barriada Juan XXIII. Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>



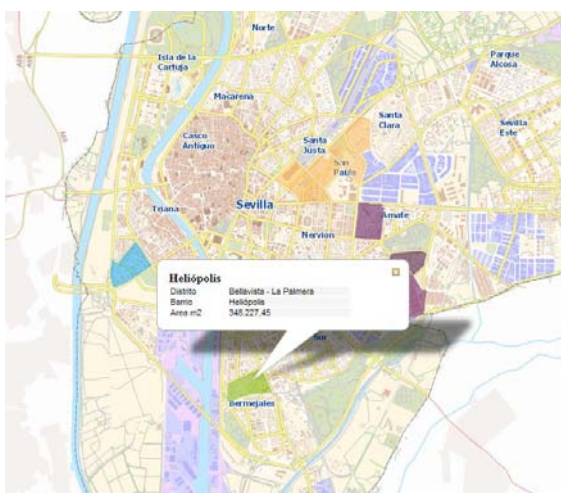
Img 11. Barriada Los Pájaros (Madre de Dios). Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>



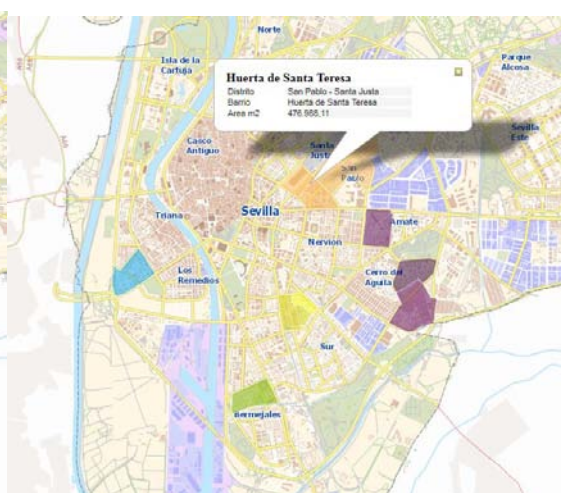
Img 12. Barriada de La Plata (Nstra. Señora de los Reyes). Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>



Img 13. Barriada El Tardón (El Carmen). Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>



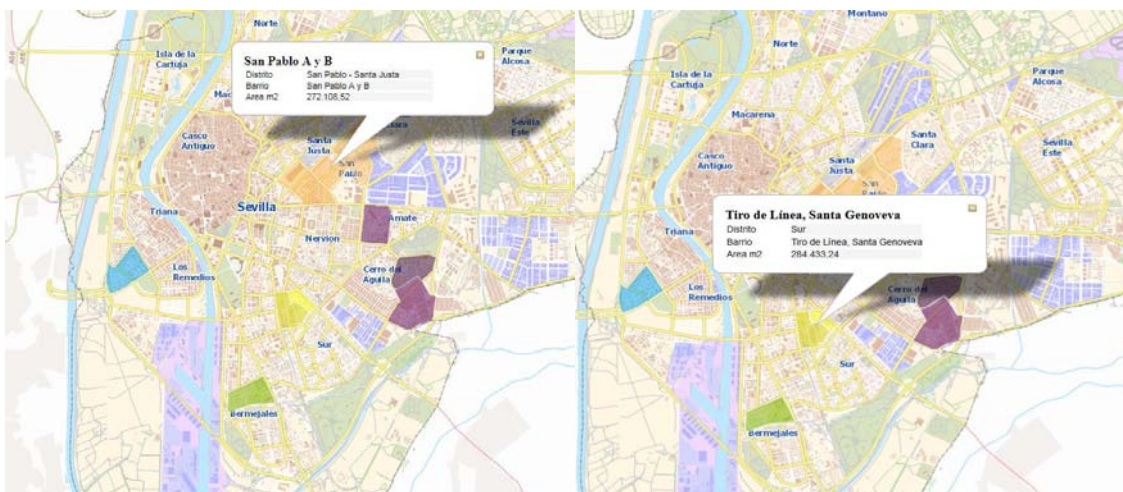
Img 14. Barriada Heliópolis (Nstra. Sra. Del Rocío). Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>



Img 15. Huerta de Santa Teresa (Núcleo Cruz del Campo). Ed: *Elaboración propia*. Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>

Alumno: Selena Dorado Ruiz
 Profesor: María Mercedes Ponce Ortiz

D.N.I 30239402-Z



Img 16. Barriada de San Pablo. Ed: *Elaboración propia*.
Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>

Img 17. Barriada Tiro de Línea. Ed: *Elaboración propia*.
Fuente: <http://sig.urbanismosevilla.org>

El número de viviendas construidas por la Obra Sindical del Hogar y Arquitectura en este período fue, exactamente, 12.658, cuyo reparto entre cada uno de estos barrios quedó así:

- Barriada Juan XXIII = 500 viviendas



Img 18. Barriada Juan XXIII. Fuente: *Google Maps*

- Barriada Madre de Dios = 1964 viviendas



Img 19. Barriada Los Pájaros (Madre de Dios). Fuente: *Google Maps*.

- Barriada Nstra. Sra. De los Reyes =
968 viviendas



Img 20. Barriada de La Plata (Nstra. Señora de los Reyes).
Fuente: Google Maps.

- Barriada El Tardón (El Carmen) =
500 viviendas



Img 21. Barriada El Tardón (El Carmen). Fuente: Google Maps.

- Barriada Nstra. Sra. Del Rocío =
150 viviendas



Img 22. Barriada Heliópolis (Nstra. Sra. Del Rocío). Fuente: Google Maps.

- Núcleo Cruz del Campo =
150 viviendas



Img 23. Huerta de Santa Teresa (Núcleo Cruz del Campo).
Fuente: Google Maps.

- Barriada de San Pablo = 7226 viviendas



Img 24. Barriada de San Pablo. Fuente: Google Maps.

- Barriada Tiro de Línea = 1200 viviendas



Img 25. Barriada Tiro de Línea. Fuente: Google Maps.

Esto supone que esta institución fue la encargada de la construcción de un 17% del total de viviendas construidas en este período de 20 años en la ciudad de Sevilla, con el fin de alojar al personal militar.

- Análisis del caso de estudio

El caso concreto en el que se centra este estudio se encuentra en la zona sur de la ciudad de Sevilla, en la Barriada Tiro de Línea.



Img 26. Situación de la barriada Tiro de Línea en la ciudad de Sevilla. Ed: Elab. Propia. Fuente: Google Maps.

Esta zona de la ciudad era, a principios del siglo XX, un lugar dedicado al pastoreo de ganado durante la feria de abril. El resto del año, era utilizada por el cuerpo militar para la práctica de tiro con los cañones fabricados en la fundición de San Bernardo.

Debido a la preparación de la exposición iberoamericana de 1929 y a las oleadas migratorias de personas del campo a la ciudad durante esta época, la ciudad se vio obligada a habilitar la zona para acoger a los trabajadores. En cuestión de 30 años, aproximadamente, esta zona de pastoreo mayoritariamente agrícola se convirtió en una zona completamente urbana e integrada en la ciudad. Su situación en uno de los ejes de comunicación de la ciudad, a pocos metros del centro de la misma, facilitó mucho dicha integración. Tanto que incluso existió un tranvía que atravesaba el barrio a mediados del siglo XX.

En 1921, comienzan con la parcelación del barrio, y en menos de 3 años ya se veían las primeras construcciones promocionadas por el Ramo de Artillería (militares y empleados de la pirotecnia), la Obra Sindical del Hogar e iniciativas privadas, principalmente.

A continuación, se adjunta imagen satélite con la cronología edificatoria del barrio:

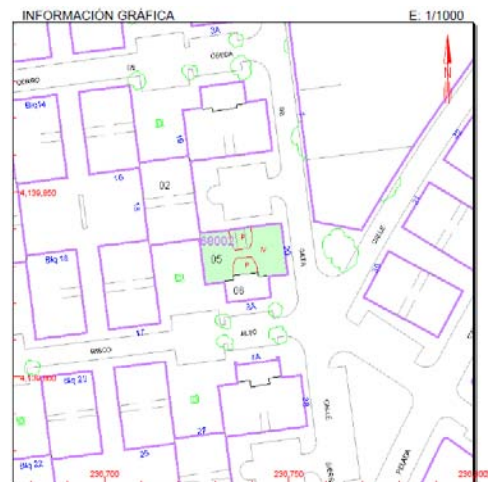


Img 27. Construcción de viviendas en Barriada Tiro de Línea. Ed: Elab. Propia. Fuente: Google Maps.

El caso de estudio a analizar se encuentra en la zona construida en el año 1961 en la Huerta de las Eras, promocionado por la Obra Sindical del Hogar y Arquitectura.



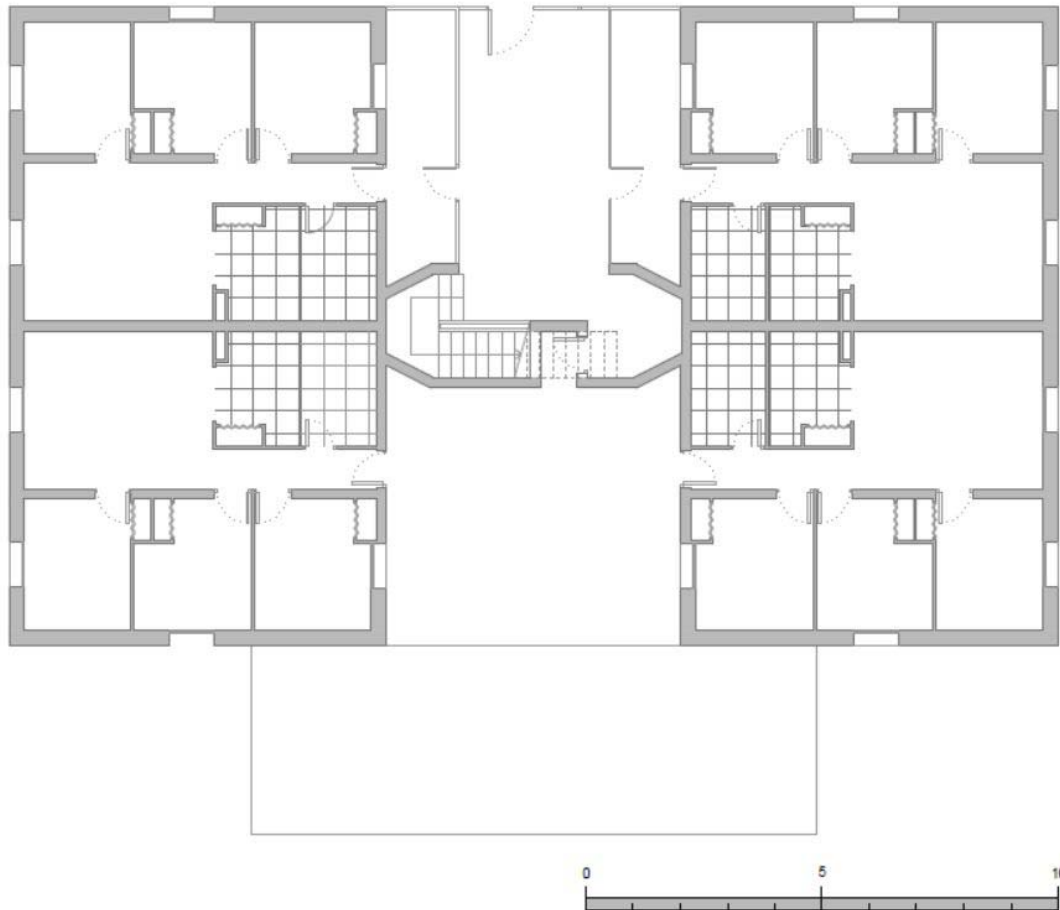
Img 28. Situación del edificio caso de estudio. Ed: Elab. Propia. Fuente: Google Maps.



Img 28b. Plano-ficha Catastro. Ed: Elab. Propia. Fuente: Catastro.

Se trata de un edificio residencial plurifamiliar de PB+3 de altura. Su distribución es en forma de H y contiene cuatro viviendas por planta, con un núcleo de escaleras central abierto al exterior.


N
PLANTA BAJA

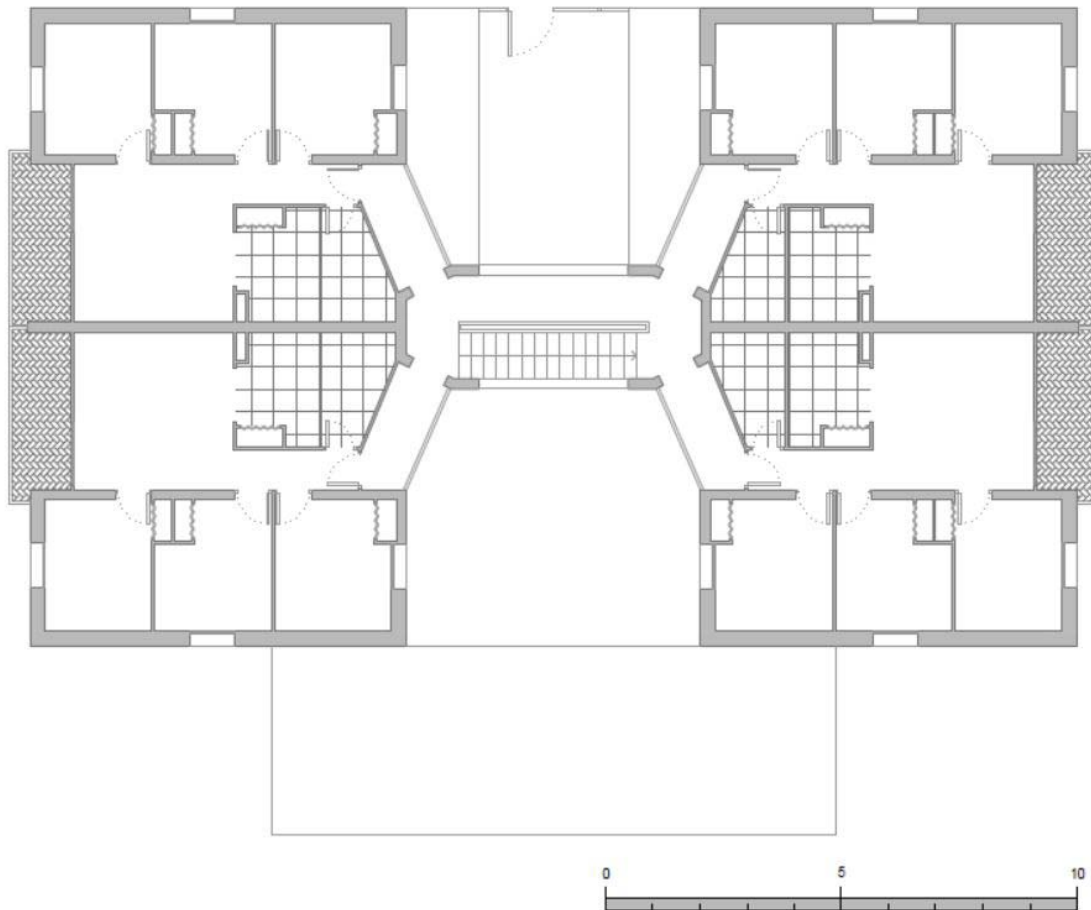


Img 29. Planta Baja, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia.*

Las viviendas son compactas, de unos 70m², con tres habitaciones, cocina, salón comedor y baño en todas sus plantas.

En el caso de la planta baja, las viviendas que conectan con la entrada al edificio, disponen de un pequeño espacio previo a su propia entrada, cercado con una valla metálica y una puerta del mismo tipo, mientras que las viviendas del lado opuesto a la entrada, disponen de un patio compartido al que se accede desde la parte inferior de la escalera del edificio. Este patio está limitado por la edificación exterior a la propiedad que alberga dos locales comerciales, actualmente abandonados.

 PLANTA PRIMERA A TERCERA

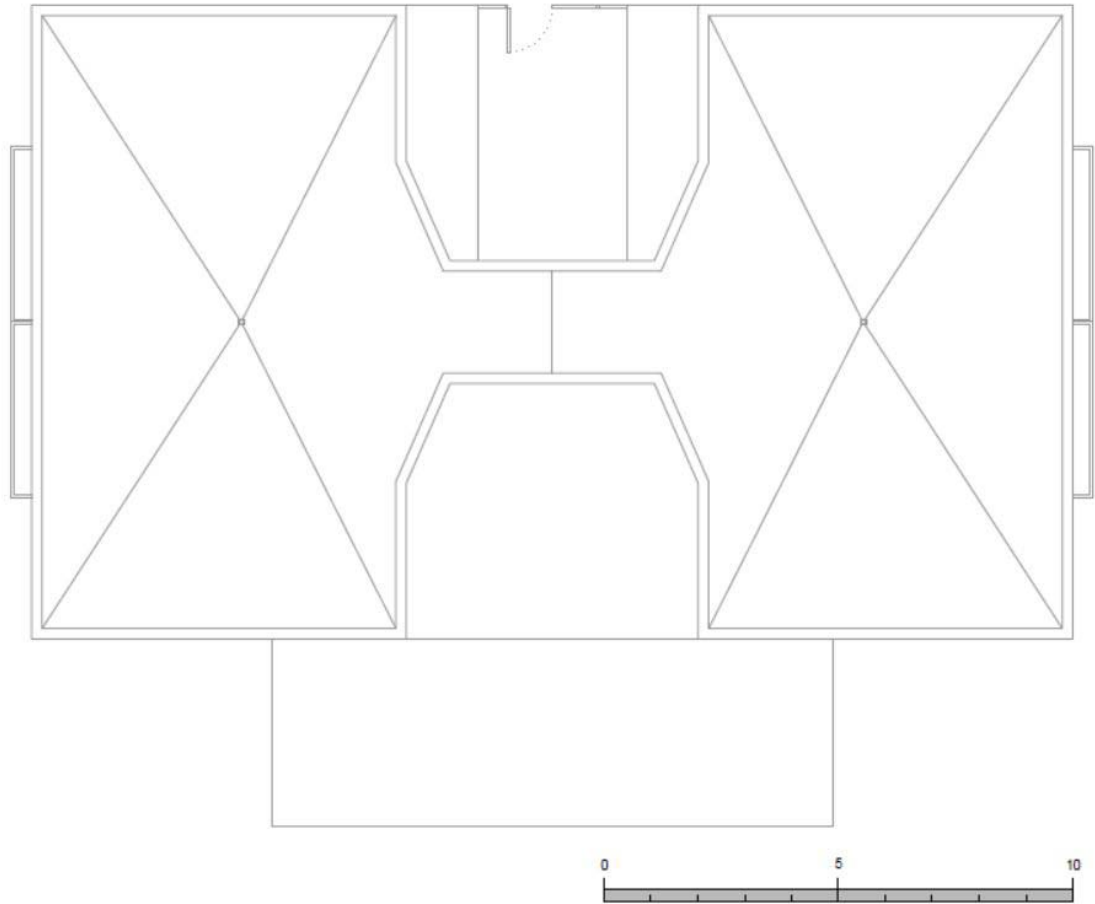


Img 30. Planta primera a tercera, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia.*

En cuanto a las plantas superiores, todas disponen de la misma distribución, con tres dormitorios, cocina, salón-comedor, baño y terraza. La entrada a las viviendas se hace a través de un zaguán de entrada abierto al exterior, perteneciente al propio núcleo de comunicación vertical, aunque actualmente, todas las viviendas se han apropiado de estos espacios a modo de entrada interior. Las terrazas, a su vez, se encuentran actualmente techadas y cerradas por carpinterías metálicas, aunque en sus orígenes estaban completamente abiertas.

Las cocinas en todas las plantas carecen de ventana, estando conectadas directamente con el salón-comedor y contando con la única ventilación que le proporciona la campana extractora. Los baños en las plantas superiores también carecen de ventana y no disponen de ventilación mecánica.

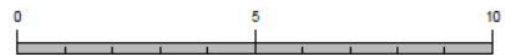
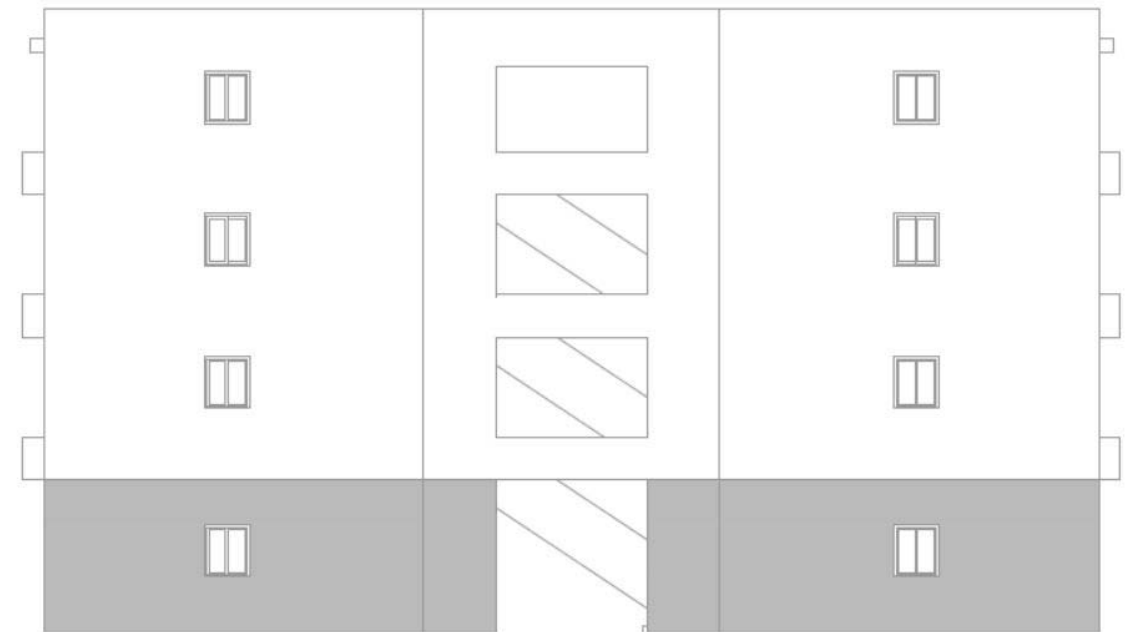
N
PLANTA CUBIERTA



Img 31. Planta Cubierta, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia*.

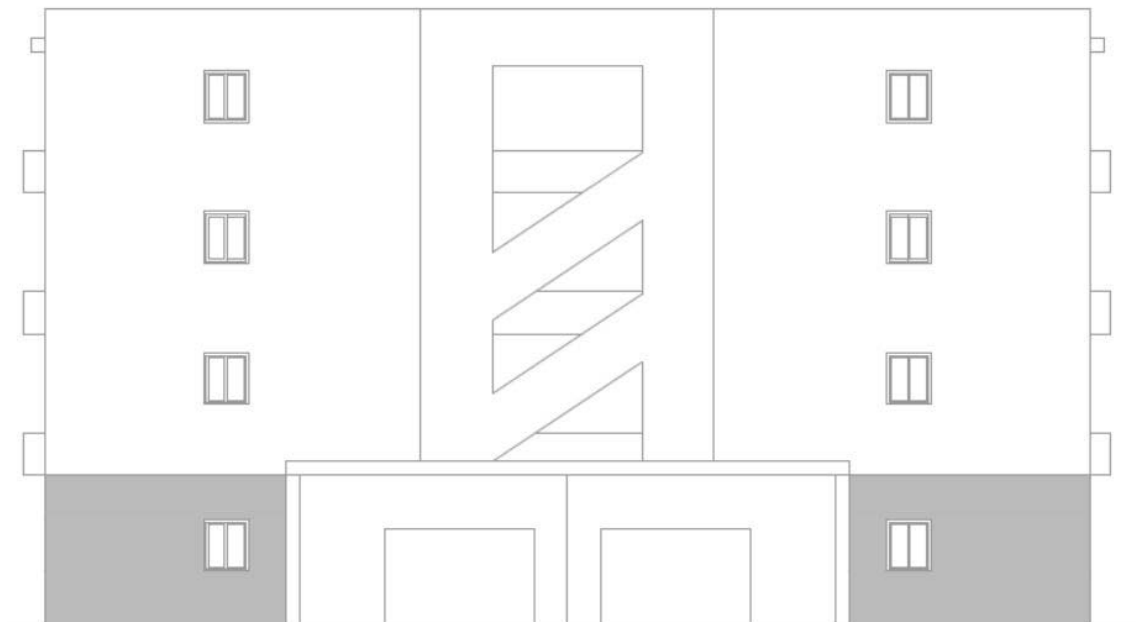
La cubierta es transitable aunque la única manera de acceder a ella es a través de una claraboya que se encuentra en el núcleo de comunicación vertical, en la planta tercera. Pero no dispone de escalera ni de ningún mecanismo que facilite el acceso al exterior.

ALZADO NORTE



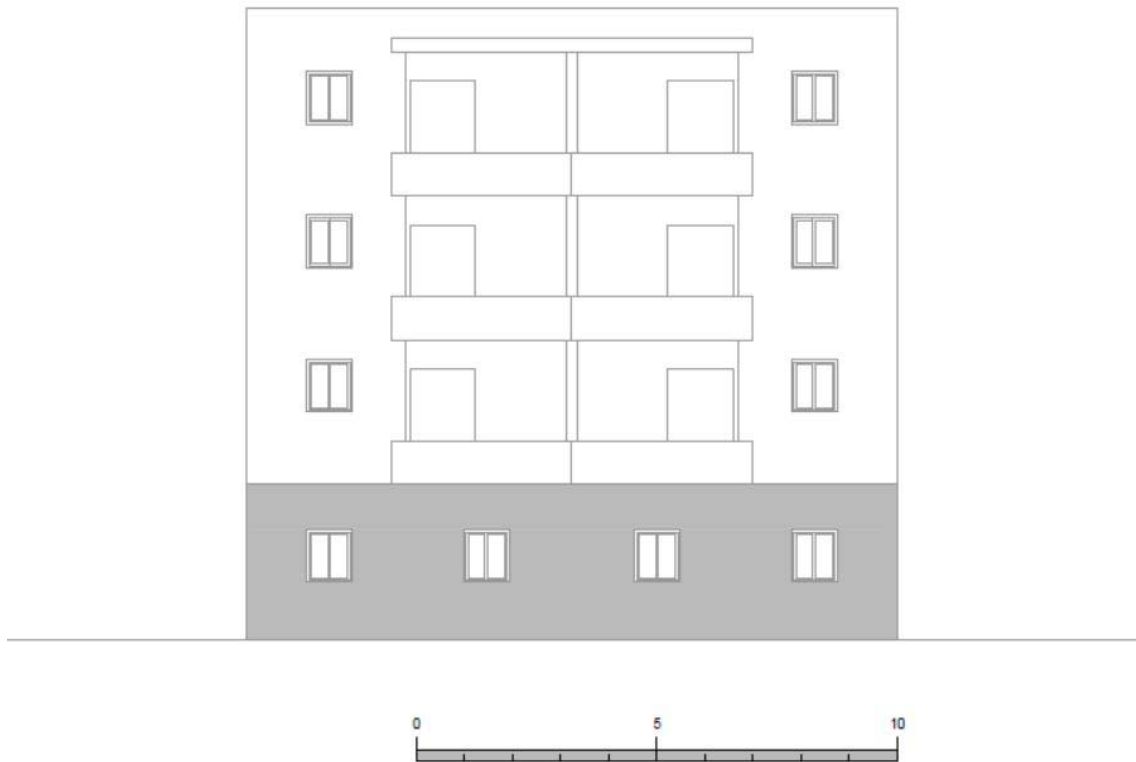
Img 32. Alzado norte, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia.*

ALZADO SUR



Img 33. Alzado sur, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia.*

ALZADO ESTE Y OESTE



Img 34. Alzado este-oeste, C/ Sierra de Gata, 12. Ed: *Elaboración propia*.

Como se puede observar, la fachada tiene un estilo muy austero, sin adornos ni elementos destacables, como era frecuente en este tipo de edificaciones, pues se buscaba en todo momento el mayor ahorro económico posible.

- **Estudio medioambiental: entorno.**

Encontramos algunos elementos a tener en cuenta tanto en la propia parcela como en su entorno más inmediato.

Por toda la barriada y en el entorno inmediato de la edificación, encontramos dos tipos de especies arbóreas:

- Tipuana Speciosa o Tipuana Tipu.



Img 35. Tipuana Speciosa. Vegetación. Fuente: Google Maps.

- Citrus cinensis o naranjo.



Img 36. Citrus cinensis. Vegetación. Fuente: Google Maps.

Vemos en la sección adjunta que en el caso de las tipuana tipu, tendremos que tenerlas en cuenta en el estudio del soleamiento pues, por su envergadura, van a jugar un papel muy importante.

Es un árbol de rápido crecimiento, corpulento. De altura media llegando a alcanzar 18 metros, con el tronco cilíndrico con la corteza agrietada de color gris oscuro, con la copa muy aparasolada y muy ramificada con ramas que se extienden con trazos rectilíneos. Es un árbol semicaducifolio que resiste la sequía sin perder las hojas.

SECCIÓN C-C'

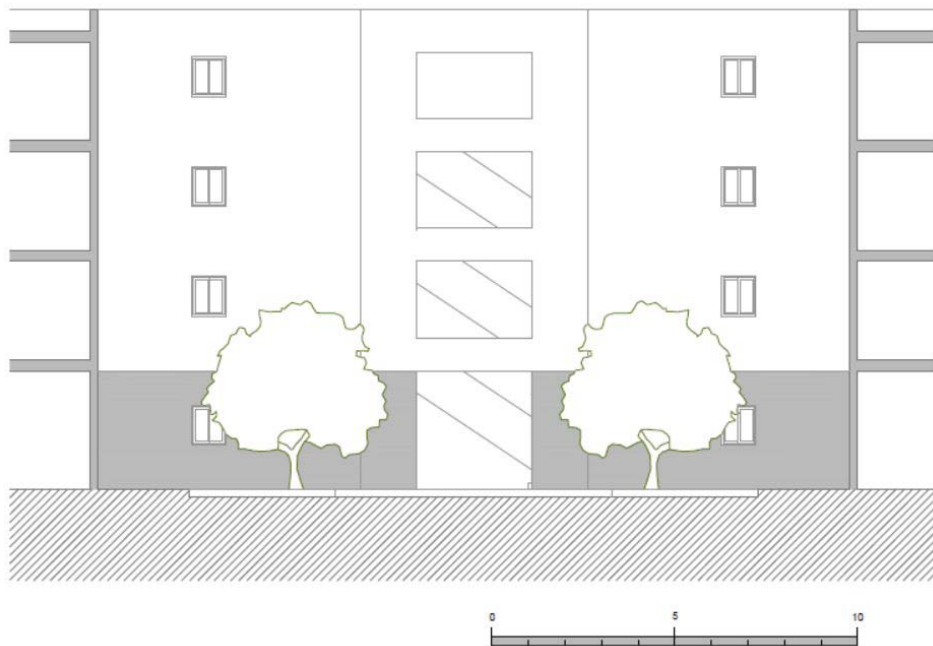


Img 37. Sección. Tipuana Speciosa. Vegetación. Ed: *Elaboración propia*.

En el caso de los naranjos, no van a interferir de ningún modo con el soleamiento dada su colocación en el patio interior del conjunto de edificios y su tamaño reducido.

Es una especie de 7-8(-10) m de altura, con la copa redondeada y corteza de color castaño, lisa.

SECCIÓN A-A'



Img 38. Sección. Citrus cinensis. Vegetación. Ed: *Elaboración propia*.

También se tendrá muy en cuenta la proximidad de las edificaciones del entorno, pues también van a interferir en el soleamiento del edificio en algunos casos.

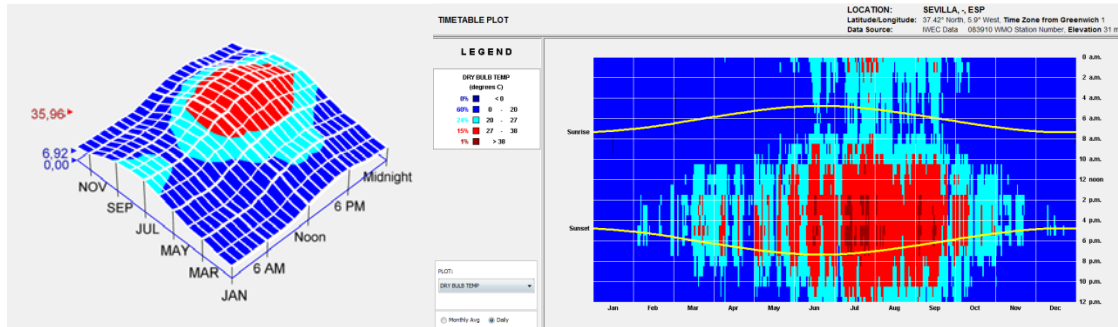


Img 39. Edificaciones cercanas. Fuente: *Google Maps*.

▪ Estudio medioambiental: clima.

El edificio se ubica en Sevilla Capital, por lo que el clima puede considerarse cálido, con veranos secos.

- Temperatura

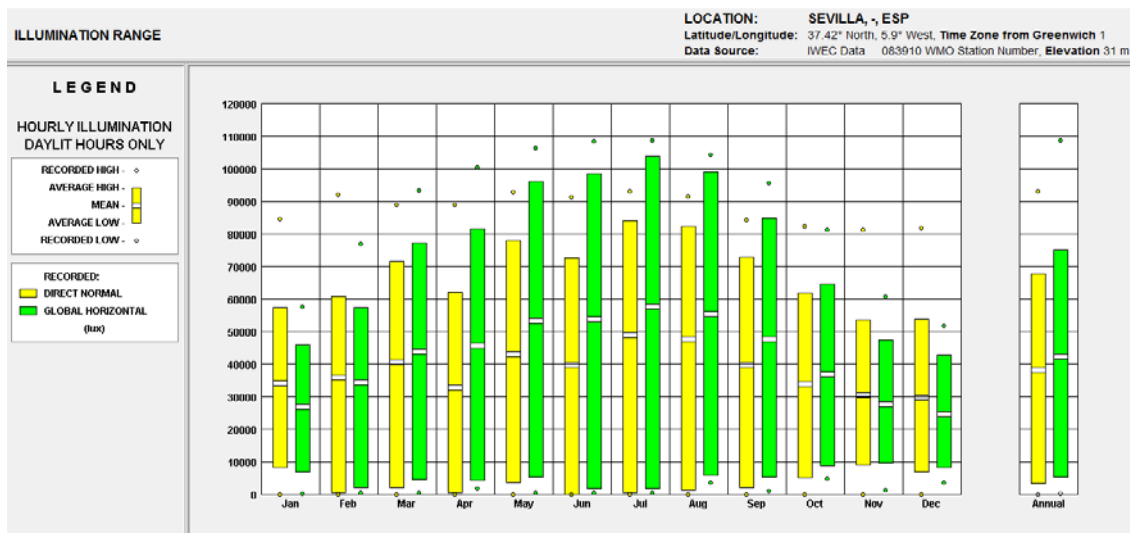


Img 40. Temperatura media anual en Sevilla. Fuente: Climate Consultant.

Como podemos observar en las gráficas adjuntas, en los meses de invierno tenemos temperaturas que oscilan entre los 0°C, en las horas nocturnas y más tempranas del día, y los 20°C, durante la tarde; mientras que en verano las temperaturas pueden alcanzar más de 40°C durante el día, sin bajar de los 20°C durante la noche.

Además, podemos añadir que las precipitaciones en esta zona son escasas, con temporadas más abundantes en los meses de primavera y otoño, por lo que el verano es caluroso y seco, así como el invierno es fresco y seco también.

- Iluminación



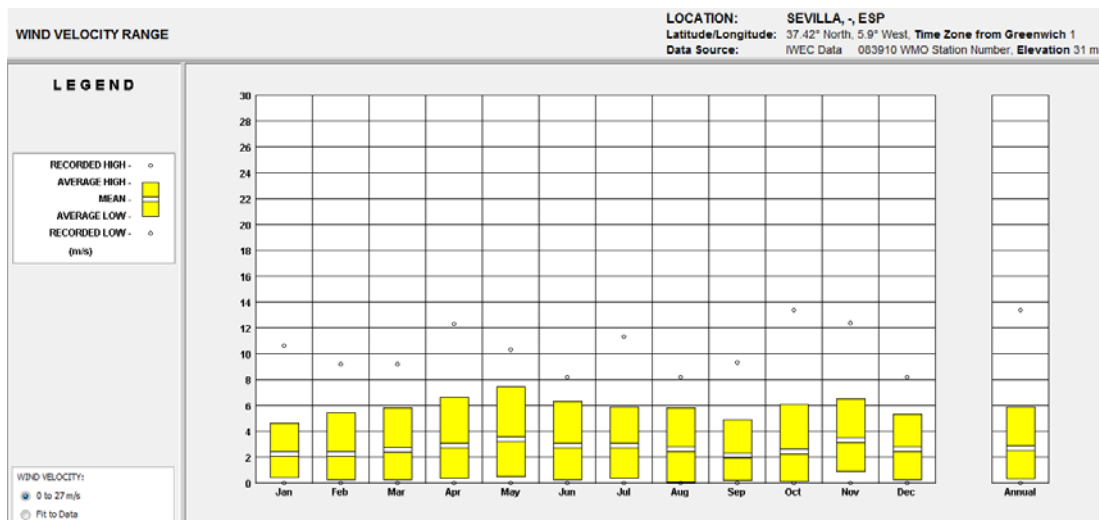
Img 41. Iluminación media anual en Sevilla. Fuente: Climate Consultant.

Dada la escasez de precipitaciones, las horas de radiación y la intensidad de la iluminación son muy buenas para proponer soluciones de calentamiento pasivo e iluminación natural.

Las medias anuales se mantienen muy estables durante todo el año, encontrándose las máximas en los meses de julio y agosto y las mínimas en noviembre y diciembre.

La parcela elegida dispone de una orientación fundamentalmente sur, por lo que las estrategias estarán muy ligadas al aprovechamiento de la radiación solar existente.

- Viento

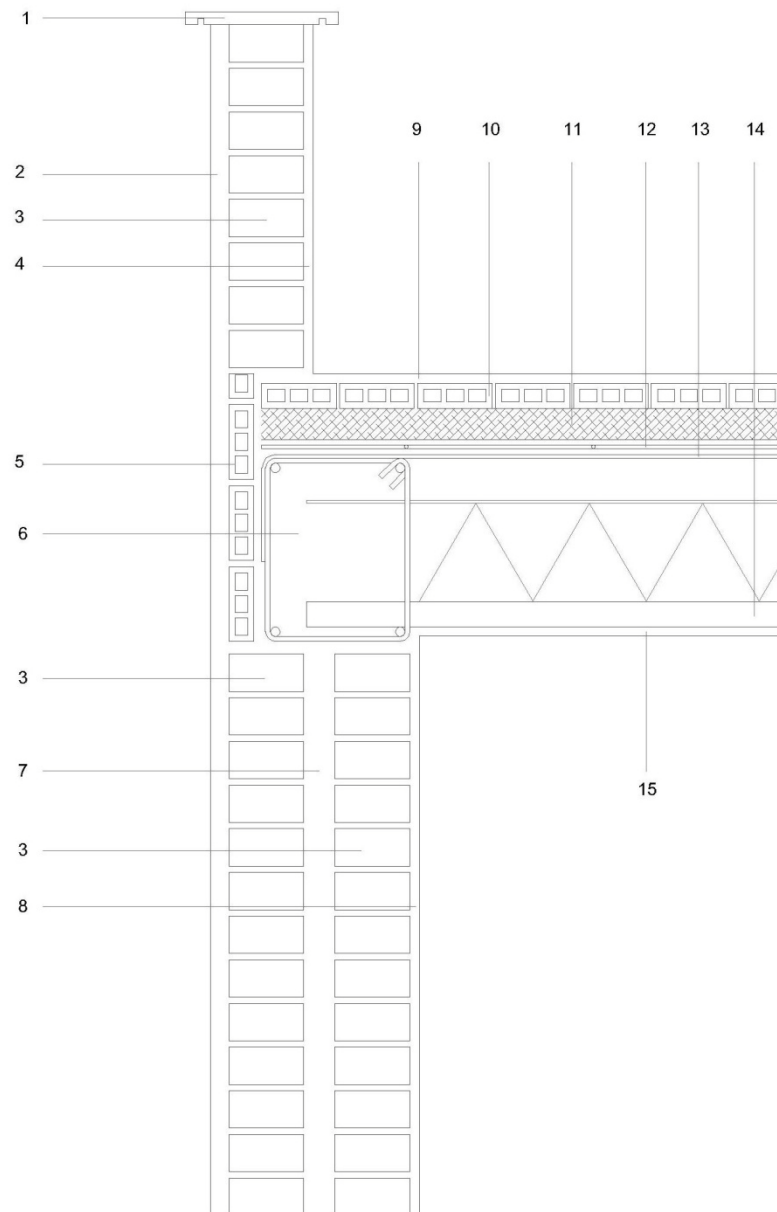


Img 42. Velocidad del viento media anual en Sevilla. Fuente: Climate Consultant.

El viento es otro factor que en este clima se mantiene bastante estable durante todo el año, sin superar los 15m/s en los picos más altos. Esto es una ventaja en cuanto a la posibilidad de ausencia de barreras contra el viento, pero supone un inconveniente para la consideración de la ventilación natural, sobre todo en los meses más calurosos, pues coincide con los registros de viento más bajos.

En este proyecto, dado su uso público y teniendo en cuenta este factor, se propone ventilación forzada en todo caso, impidiendo la práctica de las carpinterías para asegurar la estabilidad térmica interior.

■ Técnicas constructivas y materiales utilizados.



LEYENDA

- | | | | |
|----|---|----|---------------------------------------|
| 1 | Remate de pretil. Pieza cerámica. | 13 | Armadura de negativo |
| 2 | Enfoscado de cemento. | 14 | Semivigueta prefabricada de hormigón. |
| 3 | 1/2 pie de ladrillo macizo. | 15 | Enlucido de yeso en techo. |
| 4 | Enfoscado de cemento. | | |
| 5 | Emparchado de cara de forjado con rasilla cerámica. | | |
| 6 | Zuncho armado de hormigón. | | |
| 7 | Cámara de aire | | |
| 8 | Enlucido de yeso en pared. | | |
| 9 | Pintura acabado solería. | | |
| 10 | Solería perdida. | | |
| 11 | Formación de pendiente. | | |
| 12 | Mallazo de reparto. | | |

Las técnicas constructivas utilizadas para la edificación de esta promoción de viviendas, debido a la escasez de recursos, no dispone de aislamiento térmico en ninguna zona de la envolvente. Además, la única impermeabilización de que dispone es la propia solería perdida y la pintura aplicada para el acabado final.

Se limita a cerramientos verticales de doble hoja de 1/2 pie de fábrica de ladrillo macizo, con cámara intermedia, y cubierta a la andaluza con forjado unidireccional de viguetas prefabricadas de hormigón.

En cuanto a las carpinterías exteriores, en la fecha de construcción, se colocaron carpinterías de madera con cristal simple. En la actualidad, todos los usuarios han sustituido las carpinterías de madera por su análoga de aluminio, con el mismo cristal simple, y han añadido persianas de PVC. Esto se resume en una gran superficie de puente térmico, pues tanto la transmitancia de las carpinterías como la estanqueidad al aire son pésimas.



Img 43. Carpintería existente. Ed: Elaboración Propia.

- **Cálculo del comportamiento térmico.**
- Cerramiento de fachada: muro de doble hoja de 1/2 de ladrillo perforado

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA DEL ELEMENTO: CERRAMIENTO FACHADA							
Material	λ (W/mK)	e (m)	Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi	R = e/λ R (m2K/W)	U = 1/R U (W/m2K)
EXTERIOR							
Pintura acrílica							
Mortero de cemento	0,630	0,025	Vertical flujo horizontal	0,040	-	0,040	25,200
1/2 Ladrillo Macizo	0,350	0,120	Vertical flujo horizontal	-	-	0,343	2,917
Cámara de aire		0,050					
1/2 Ladrillo Macizo	0,350	0,120	Vertical flujo horizontal	-	-	0,343	2,917
Enlucido de yeso	0,300	0,015	Vertical flujo horizontal	-	0,130	0,050	20,000
Pintura acrílica							
INTERIOR							
						Resistencia total del elemento	Transmitancia del elemento
						$R_t = R_{se} + 2r_{capa} + R_{si}$	$U = 1/(R_{se} + R_{el} + R_{si})$
						Rf (m2K/W)	U (W/m2K)
						0,945	0,897

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi	Parámetro	Zona climática de invierno					
				α	A	B	C	D	E
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13	Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m²·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10	Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m²·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17	Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m²·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
			Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m³/h·m²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Img 44. Tabla "Cálculo de transmitancias del elemento: cerramiento fachada". Ed: Elaboración Propia.

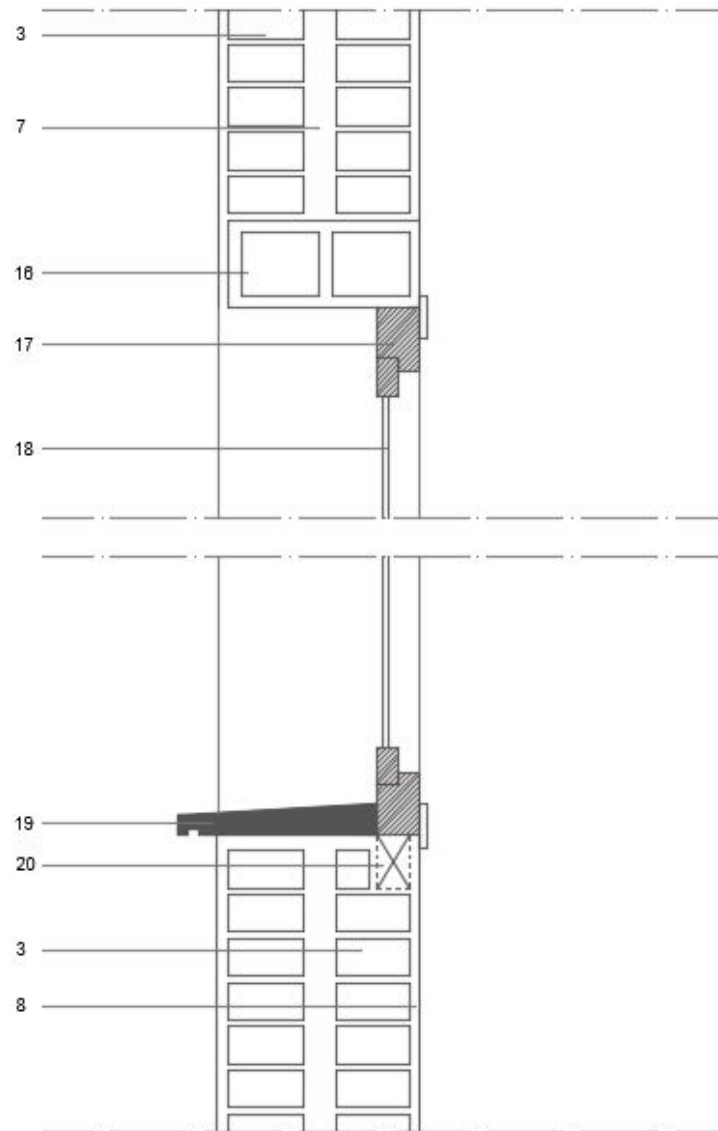
CÁLCULO DEL DESFASE DEL ELEMENTO: CERRAMIENTO FACHADA										
Material	e (m)	p (Kg/m ³)	λ (W/mK)	Ce (KJ/KgK) (Wh/KgK)	s (J/m ³ K)	R = e/λ R (m ² K/W)	U = 1/R U (W/m ² K)	a=λ/s a (cm ² /s)=(m ² /s*10000)	t (h)	τ=0,0167*t/2*v[1/(π*a*t)]*d τ (h)
EXTERIOR										
Pintura acrílica										
Mortero de cemento	0,025	1300,00	0,670	1.750,00	2.275.000,00	0,040	25,200	0,000000294505494505	24	1,06
1/2 Ladrillo Perforado	0,120	1200,00	0,350	1.330,00	160.000,00	0,343	2,917	0,000002187500000000	24	1,87
Cámara de aire	0,060									
1/2 Ladrillo Perforado	0,120	1200,00	0,350	1.330,00	160.000,00	0,343	2,917	0,000002187500000000	24	1,87
Enlucido de yeso	0,015	80,00	0,040	920,00	160.000,00	0,050	20,000	0,000000250000000000	24	0,69
Pintura acrílica										
INTERIOR										
TOTAL										5,502

Img 45. Tabla "Cálculo del desfase del elemento: cerramiento fachada". Ed: *Elaboración Propia*.

En las tablas adjuntas se detallan las características de los materiales que componen el elemento de cerramiento de fachada, de manera que podemos conocer su comportamiento térmico en conjunto. Se trata de un cerramiento de doble hoja de ½ pie de ladrillo perforado con cámara de aire, sin aislamiento.

El hecho de que carezca de aislamiento hace que dependamos exclusivamente de la masa del elemento constructivo para la gestión de la temperatura. En la tabla-Img 45 se calcula el desfase térmico, que es el tiempo que tarda el calor en pasar de la cara exterior de la fachada a la cara interior. El valor resultado es de 5,5 horas, lo que quiere decir que, por ejemplo, en la fachada orientada al este, donde el sol empieza a incidir desde las 8:00h aproximadamente, el calor tarda en penetrar a la vivienda 5,5 horas. En los meses de verano, esto se traduce en que a las 14:00h, por más que cerremos las persianas, el calor ya está entrando en las estancias orientadas al este y, dadas las temperaturas exteriores a esa hora del día en estos meses, es imposible ventilar. Si le sumamos, horas más tarde, el calor procedente de la fachada sur, nos encontramos con una situación típica en este tipo de edificaciones, la situación en que no se puede mantener el confort de forma pasiva durante los meses en que la temperatura excede la mínima de confort en el exterior. Esto, en el caso de Sevilla, es un dato preocupante, ya que, como hemos visto en apartados anteriores, disponemos de la mayor parte del año con temperaturas cálidas o muy cálidas.

Además, la mala calidad de las carpinterías exteriores existentes, las convierten en un puente térmico de proporciones inasumibles, y provoca que el gasto de energía en ventilación y climatización mecánica sea desmesurado, pues las ganancias y pérdidas de calor son constantes.

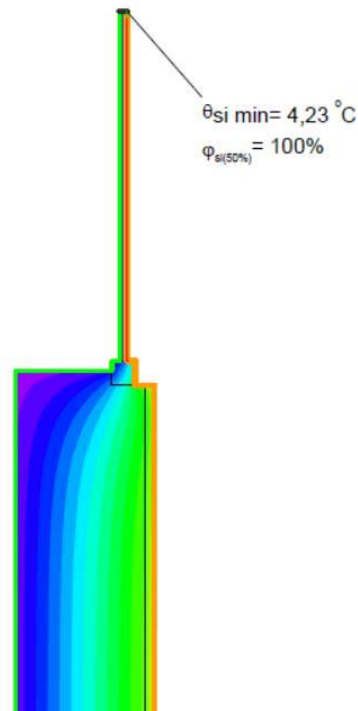


LEYENDA

- | | | | |
|----|---|----|---------------------------------------|
| 1 | Remate de pretil. Pieza cerámica. | 13 | Armadura de negativo |
| 2 | Enfoscado de cemento. | 14 | Semivigueta prefabricada de hormigón. |
| 3 | 1/2 pie de ladrillo macizo. | 15 | Enlucido de yeso en techo. |
| 4 | Enfoscado de cemento. | 16 | Cargadero de bloque de hormigón. |
| 5 | Emparchado de cara de forjado con rasilla cerámica. | 17 | Carpintería corredera de aluminio. |
| 6 | Zuncho armado de hormigón. | 18 | Vidrio sencillo en carpintería. |
| 7 | Cámara de aire | 19 | Alfeizar de piedra caliza. |
| 8 | Enlucido de yeso en pared. | 20 | Premarco de carpintería. |
| 9 | Pintura acabado solería. | | |
| 10 | Solería perdida. | | |
| 11 | Formación de pendiente. | | |
| 12 | Mallazo de reparto. | | |

Se puede observar en el detalle adjunto que se trata de una carpintería de aluminio corredera con cristal simple. La perfilaría es muy básica y los aireadores del carril provocan infiltraciones muy elevadas que repercuten directamente en el confort de los usuarios.

A continuación, vemos el puente térmico que supone una carpintería de estas características:



Img 46. Puente térmico en carpintería existente. Ed: *Elaboración Propia*. Fuente: *Software Flixo*.

Como se anota en la imagen, la temperatura del vidrio, en el clima de Sevilla, puede alcanzar en ciertos momentos del año los 4,24 °C y, puesto que la temperatura en que se producen condensaciones en este material es 9,4 °C, deducimos que en buena parte del invierno estas carpinterías condensan el aire y producen humedades en el peto inferior del hueco por la cara interior del muro.



Img 47. Carpintería con condensaciones. Fuente: <http://www.google.com>

- Cubierta: plana a la andaluza sin aislamiento térmico.

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA DEL ELEMENTO: CUBIERTA							
Material	λ (W/mK)	e (m)	Posición del cerramiento y	R _{se}	R _{si}	R = e/λ (m ² K/W)	U = 1/R (W/m ² K)
EXTERIOR							
Pintura acrílica							
Solería baldosín catalán	0,230	0,010	Vertical flujo horizontal	0,040	-	0,043	23,000
Formación de pendiente	0,190	0,200	Vertical flujo horizontal	-	-	1,053	0,950
Forjado unidireccional de viguetas de HA	2,300	0,300	Vertical flujo horizontal	-	-	0,130	7,667
Enlucido de yeso	0,300	0,015	Vertical flujo horizontal	-	0,100	0,050	20,000
Pintura acrílica							
INTERIOR							
						Resistencia total del elemento R _t = R _{se} + R _{capa} + R _{si} R _t (m ² K/W)	Transmitancia del elemento U = 1/(R _{se} + R _{el} + R _{si}) U (W/m ² K)
						1,417	0,642

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R _{se}	R _{si}	Parámetro	Zona climática de invierno					
				α	A	B	C	D	E
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13	Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10	Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17	Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
			Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 1. CTE-HE1 Tabla 2.3. CTE-HE1

Img 48. Tabla "Cálculo de transmitancias del elemento: cubierta". Ed: Elaboración Propia.

CÁLCULO DEL DESFASE DEL ELEMENTO: CUBIERTA										
Material	e (m)	ρ (Kg/m ³)	λ (W/mK)	C_e (KJ/KgK) (Wh/KgK)	s (l/m ³ K)	R = e/λ (m ² K/W)	U = 1/R (W/m ² K)	a = λ/s (m ² /s) (m ² /s * 10000)	t (h)	$\tau = 0,0167 \cdot t^2 \cdot \ln[1/(1 + \pi^2 a t)]$ (h)
EXTERIOR										
Pintura acrílica										
Solería baldosín catalán	0,025	1300,00	0,670	1.750,00	2.275.000,00	0,043	23,000	0,000000294505494505	24	1,06
Formación de pendiente	0,120	1200,00	0,190	1.000,00	160.000,00	1,053	0,950	0,000001187500000000	24	2,54
Forjado unidireccional de viguetas de HA	0,300	2300,00	2,300	1.330,00	160.000,00	0,130	7,667	0,000014375000000000	24	1,83
Enlucido de yeso	0,015	80,00	0,040	920,00	160.000,00	0,050	20,000	0,000000250000000000	24	0,69
Pintura acrílica										
INTERIOR									TOTAL	6,125

Img 49. Tabla "Cálculo del desfase del elemento: cubierta". Ed: Elaboración Propia.

En las tablas adjuntas se detallan las características de los materiales que componen el elemento de cubierta, de manera que podemos conocer su comportamiento térmico en conjunto. Se trata de una cubierta plana a la andaluza, sin aislamiento.

Como en el caso del cerramiento de fachada, al carecer de aislamiento térmico hace que dependamos exclusivamente de la masa del elemento constructivo para la gestión de la temperatura. En la tabla-Img 48 se muestra el valor del desfase térmico, cuyo resultado es de 6,12 horas, lo que se traduce, en los meses de verano, donde el sol incide en la cubierta durante la mayor parte del día, en una transmisión de calor constante a partir de las 17h de la tarde, justo cuando la temperatura exterior es más desfavorable y nos impide ventilar de forma natural.

A esto podemos sumar la mala impermeabilización, que provoca fisuras en el peto del pretil y, en la última planta del edificio, provoca humedades en las uniones con la fachada.



Img 50. Humedades por filtraciones en la cubierta. Ed: Elaboración Propia.

Esto repercute directamente en la salud en el interior de la vivienda, ya que empeora la calidad del aire interior y provoca mohos que son perjudiciales para el sistema respiratorio de sus usuarios.

- **Certificación energética del estado actual.**

Después de realizar la certificación energética del edificio en su estado actual, los resultados son los mostrados a continuación:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	67.2 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	E	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>	G
		29.94		22.93	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	G	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>	-
		14.38		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	44.31	31904.95
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	22.93	16511.85

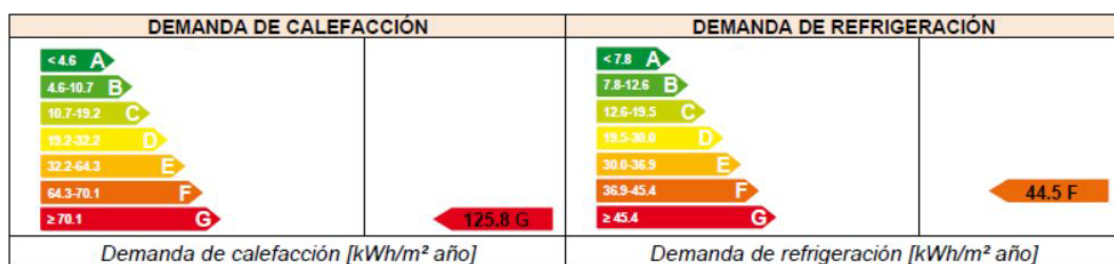
Img 51. Indicador de emisiones. Certificación energética. Ed: Elaboración propia. Fuente: Softwate CE3x.

Como se puede observar, la certificación está muy por debajo de los límites contemplados por el programa. Según el código técnico, la calificación mínima para edificios

de nueva planta es la D. Con esto, se hace visible la ausencia de confort absoluta que el edificio caso de estudio y sus análogos sufren en estos momentos. Y no sólo se trata de confort. Las emisiones de CO2 a la atmósfera son extremadamente altas y dado que, como se ha explicado en apartados anteriores, miles de viviendas construidas en estas condiciones en Sevilla y en toda España, este factor se hace realmente preocupante.

Además, las demandas de calefacción y refrigeración son demasiado altas para unas viviendas cuyos usuarios habituales son personas con rentas muy bajas. Como podemos ver en la próxima imagen, estas demandas quedan fuera de los rangos mínimos establecidos:

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.



Img 52. Demanda energética para calefacción y refrigeración. Certificación energética. Ed: *Elaboración propia*. Fuente: *Software CE3x*.

El texto del documento cita “La demanda energética de calefacción y refrigeración es la necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio”. Es decir, que sin este apoyo tan desorbitado, la vivienda se hace prácticamente inhabitable.

- **Propuesta de rehabilitación**
- **Normativa de aplicación.**

CTE-DB-HE

En este documento se limita el consumo de energía general de los edificios, ya sean de nueva planta o rehabilitaciones, y también la demanda de energía en calefacción y refrigeración. También contempla la aportación de energía a través de sistemas de captación de energías renovables y el rendimiento de las instalaciones térmicas y de iluminación.

Para la limitación de energía, que es lo que nos compete en este estudio, separa las viviendas de nueva planta de las existentes en sus exigencias, las cuales dependen de la zona climática, la orientación solar y la limitación del riesgo de condensación.

Tabla 2.1 Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{ca,base}$ [kW·h/m²·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

También aporta una tabla con valores de transmitancia (U) máximas exigidas para muros de fachadas en edificios residenciales:

Tabla 2.3 Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

⁽¹⁾ Para elementos en contacto con el terreno, el valor indicado se exige únicamente al primer metro de muro enterrado, o el primer metro del perímetro de suelo apoyado sobre el terreno hasta una profundidad de 0,50m.

⁽²⁾ Se considera el comportamiento conjunto de vidrio y marco. Incluye lucernarios y claraboyas.

⁽³⁾ La permeabilidad de las carpinterías indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa.

[Ley 8/2013 de Regeneración urbana](#)

Trata de poner en valor las edificaciones existentes en las ciudades que no cumplen con las exigencias mínimas de confort y propone intervenciones puntuales por el territorio para la mejora de la habitabilidad de sus habitantes.

Sus objetivos se centran en reducir la demanda energética y en el aporte de energías provenientes de fuentes renovables.

[Real decreto 235/2013/CE](#)

Hace obligatorio que, cualquier vivienda que se construya, venga o alquile debe tener una certificación energética legal que indique las demandas exigidas por la misma para mantener los límites de confort mínimos.

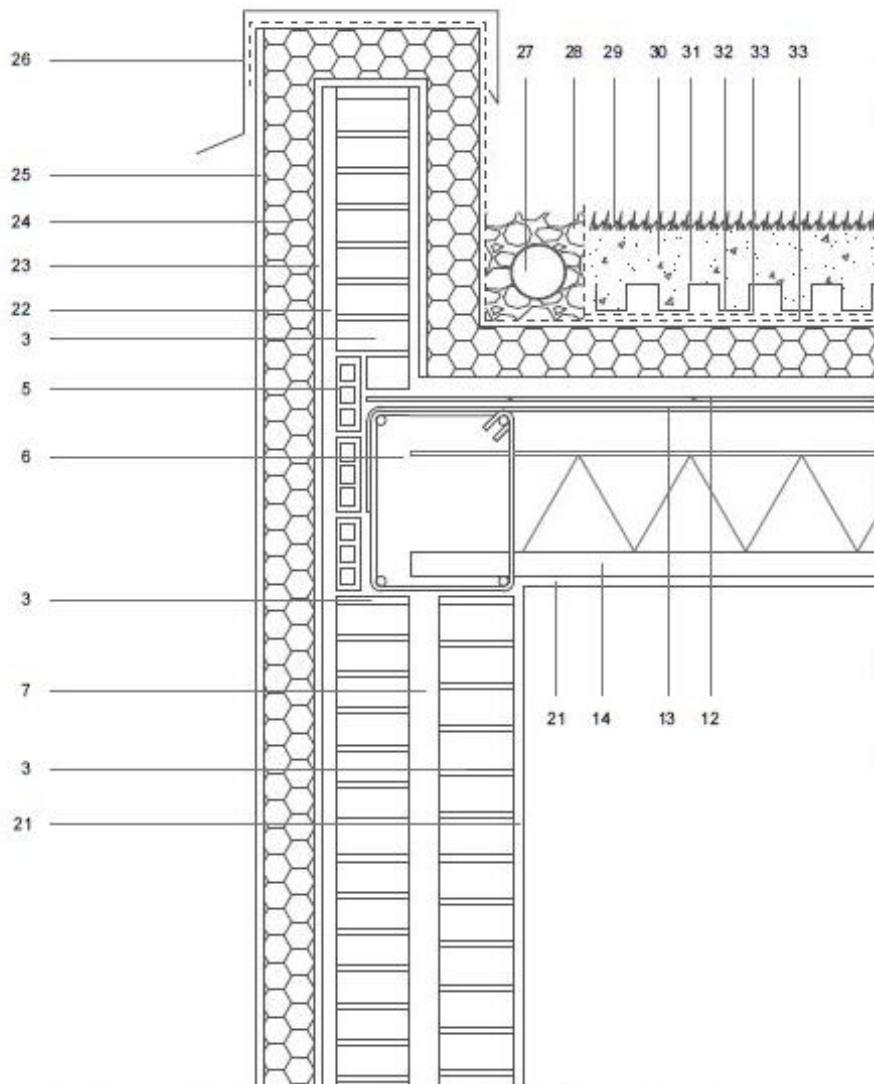
[Directiva europea 2010/31/UE](#)

Centrada igualmente en la reducción de la demanda energética y, por consiguiente, de reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

[Directiva europea 2012/27/UE](#)

Trata de asegurar el cumplimiento de los objetivos establecidos sobre la mejora del consumo energético en edificación.

▪ Propuesta constructiva.



LEYENDA

- 3 1/2 pie de ladrillo macizo.
- 5 Emparchado de cara de forjado con rasilla cerámica.
- 6 Zuncho armado de homigón.
- 7 Cámara de aire
- 12 Mallazo de reparto.
- 13 Armadura de negativo.
- 14 Semivigüeta prefabricada de homigón.
- 21 Revoco de barro acabado con pintura a la cal.
- 22 Embarrado de cal hidráulica.
- 23 Adhesivo de mortero de cal hidráulica.
- 24 Aislamiento de tablero de corcho natural.
- 25 Mortero de cal aérea acabado con pintura a la cal y aplicado con malla antifisuramiento.

- 26 Chapa metálica de coronación de pretil.
- 27 Tubo drenante de polietileno de alta densidad.
- 28 Drenaje de grava.
- 29 Vegetación autóctona (bajo mantenimiento y no invasivas).
- 30 Aríta de barro.
- 31 Barrera antirraíces. Geotextil.
- 32 Huevera de polietileno.
- 33 Lámina impermeabilizante de butilo. EPDM.

Para la rehabilitación de la envolvente térmica del caso de estudio, partimos del cerramiento de fachada.

En primer lugar, se proponen una serie de demoliciones necesarias para el correcto funcionamiento de los materiales que se colocarán posteriormente. Es necesario picar los paramentos, tanto en el interior como en el exterior, para eliminar completamente las capas de revestimiento compuestas por pinturas acrílicas, morteros de cemento y enlucidos de yeso. Esto se debe a que los materiales que se describirán a continuación para la nueva composición, necesitan estar libres de materiales impermeables al vapor de agua. Es decir, queremos conformar un cerramiento transpirable para mejorar el funcionamiento frente a las posibles humedades por condensación que puedan darse dentro de la vivienda. Además, al eliminar las pinturas tóxicas, mejoramos la calidad del aire interior y aumentamos la salubridad.

Los nuevos materiales propuestos son, por la cara interior, revoco de barro rematado con pintura a la cal. En el exterior, respetando la doble hoja de $\frac{1}{2}$ pie de ladrillo perforado, aplicamos un embarrado de mortero de cal hidráulica, sobre él un adhesivo del mismo material para la sujeción del aislamiento de placas de corcho natural de 8 cm de espesor, y rematamos el acabado con un enfoscado de cal aérea, terminado con pintura a la cal. Con todo ello, conseguimos un cerramiento completamente natural, transpirable al vapor de agua y correctamente aislada para la mejora del confort térmico y la salubridad de la edificación.

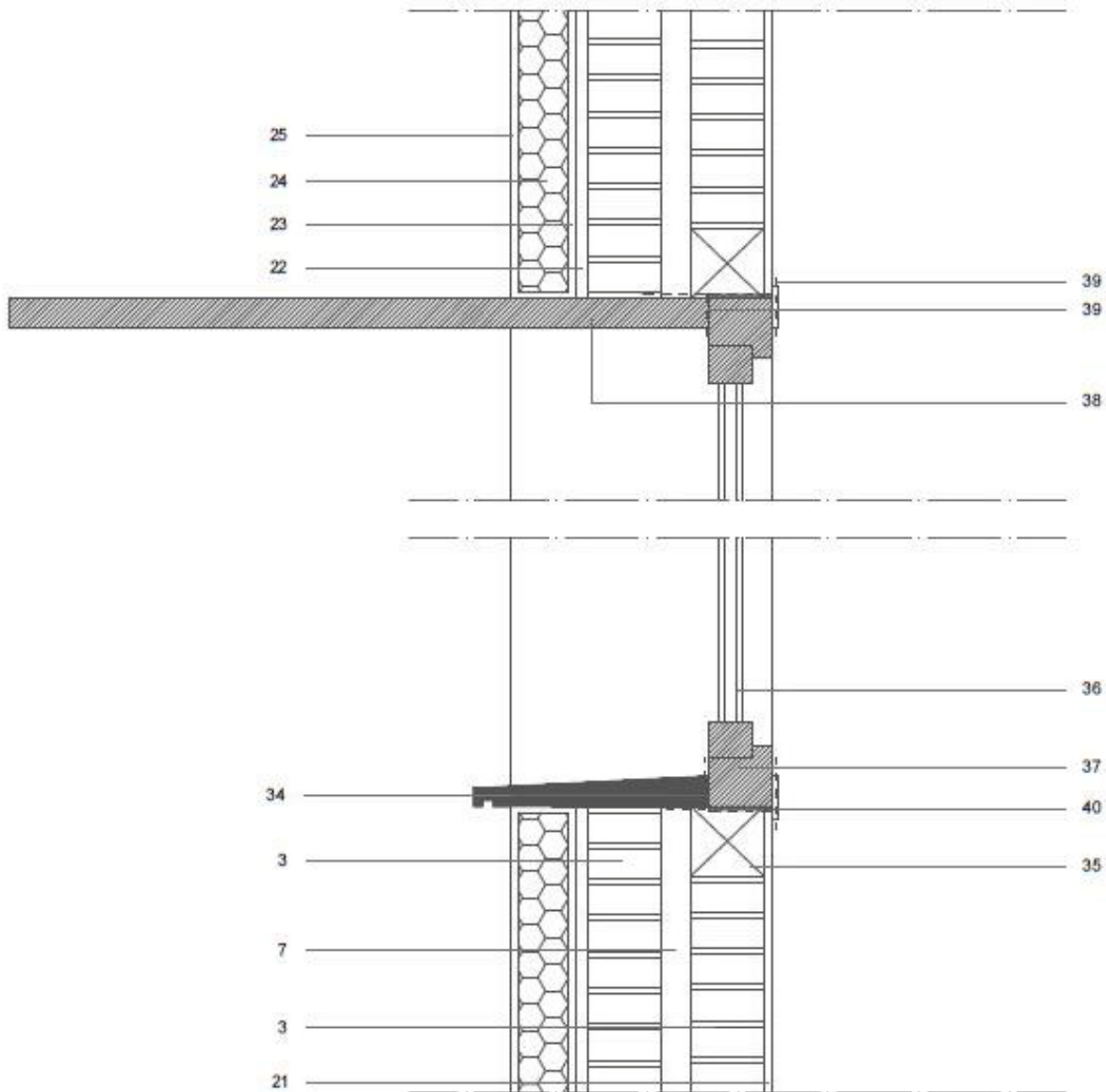
Además, al proponer un aislamiento térmico tipo SATE (sistema de aislamiento térmico por el exterior), eliminamos cualquier puente térmico que sufra actualmente el edificio y volvemos a incidir en la mejora del comportamiento térmico del mismo.

El siguiente paso en la mejora de la envolvente térmica es la cubierta. Como en el cerramiento de fachada, es necesario realizar algunas demoliciones, pues la impermeabilización está deteriorada y hay que asegurar que no habrá problemas de humedades por infiltración.

Comenzamos por la demolición de todos los componentes que forman la cubierta, excepto el soporte resistente. Es decir, se elimina la solería y la formación de pendiente.

Una vez hecho esto, se propone su sustitución por una cubierta vegetal compuesta por una lámina impermeabilizante de butilo (EPDM) que da la vuelta sobre el pretil, coronado a su vez con una chapa metálica que asegura el goterón para evitar penetraciones de agua; un tubo drenante perimetral acogido por una envolvente de bolos para captar el agua de lluvia que no absorba la propia cubierta; otra lámina impermeabilizante del mismo tipo para aislar la vegetación; una huevera de polietileno para la acumulación de agua para riego; una lámina antirraíces (geotextil) para evitar que la vegetación perfora la impermeabilización y sature la huevera; una capa de arlita de barro; y vegetación autóctona para asegurar su arraigo, de bajo mantenimiento y no invasiva.

La idea es que la vegetación absorba gran parte de la radiación directa en los meses de verano y disminuya considerablemente la temperatura del elemento soporte.



LEYENDA

- | | | | |
|----|--|----|----------------------------|
| 3 | 1/2 pie de ladrillo macizo. | 39 | Cinta sellante enfoscable. |
| 7 | Cámara de aire | 40 | Cinta autoexpandible. |
| 21 | Revoco de barro acabado con pintura a la cal. | | |
| 22 | Embarrado de cal hidráulica. | | |
| 23 | Adhesivo de mortero de cal hidráulica. | | |
| 24 | Aislamiento de tablero de corcho natural. | | |
| 25 | Mortero de cal aérea acabado con pintura a la cal y aplicado con malla antifisuramiento. | | |
| 34 | Pretil de piedra caliza. | | |
| 35 | Premarco de madera de pino. | | |
| 36 | Doble vidrio con cámara de aire 4-12-6 con gas argón | | |
| 37 | Carpintería de madera de hojas correderas. | | |
| 38 | Visera de madera. | | |

Por último, se sustituye la carpintería exterior actual de aluminio con cristal simple de prestaciones muy deficientes por otras de perfil de madera con doble acristalamiento y cámara de aire 4-12-6 con gas argón en su interior para mejorar el comportamiento térmico.

Se proponen carpinterías correderas, en vez de abatibles, que son más estancas, porque se tiene en cuenta que gran parte de la ventilación actual de la vivienda se desarrolla a través de las grandes filtraciones de las carpinterías actuales. De esta manera evitamos proporcionar demasiada hermeticidad y que se produzcan humedades de condensación en zonas donde antes no existían. Igualmente, al haber combatido esta dolencia con las transpirabilidad de los cerramientos, mejoramos las infiltraciones con las nuevas carpinterías de madera, pero sin reducirlas del todo.

- **Cálculo del comportamiento térmico.**
- Cerramiento de fachada: muro de doble hoja de 1/2 de ladrillo perforado con SATE de corcho acabado con enfoscado de cal.

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA DEL ELEMENTO: CERRAMIENTO DE FACHADA							
Material	λ (W/mK)	e (m)	Posición del cerramiento	Rse	Rsi	R (m2K/W)	U (W/m2K)
EXTERIOR							
Pintura de cal							
Mortero de cal aérea	0,870	0,020	Vertical flujo horizontal	0,040	-	0,023	43,500
Malla							
Tablero de corcho	0,045	0,080	Vertical flujo horizontal	-	-	1,778	0,563
Cal hidráulica (Adhesivo)		0,015					
Embarrado de cal hidráulica		0,020					
1/2 Ladrillo Macizo	0,350	0,120	Vertical flujo horizontal	-	-	0,343	2,917
Cámara de aire		0,050					
1/2 Ladrillo Macizo	0,350	0,120	Vertical flujo horizontal	-	-	0,343	2,917
Revoco de barro	0,800	0,020	Vertical flujo horizontal	-	0,130	0,025	40,000
Pintura de cal							
INTERIOR							
						Resistencia total del elemento	transmitancia del elemento
						$R_t = R_{se} + \Sigma r_{opa} + R_{si}$	$U = 1/(R_{se} + R_{el} + R_{si})$
						R_t (m2K/w)	U (W/m2K)
						2,681	0,351

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal <60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 1. CTE-HE1

Tabla 2.3. CTE-HE1

Img 52. Tabla "Cálculo de transmitancias del elemento: cerramiento de fachada". Ed: *Elaboración Propia*.

CÁLCULO DEL DESFASE DEL ELEMENTO: CERRAMIENTO DE FACHADA										
Material	e (m)	ρ (Kg/m3)	λ (W/mK)	Ce (KJ/KgK) (Wh/KgK)	s (l/m3K)	R = e/λ R (m2K/W)	U = 1/R U (W/m2K)	a=λ/s a (cm2/s)=(m2/s*10000)	t (h)	τ=0,0167*t/2*√(1/(π*a*τ))*d τ (h)
EXTERIOR										
Pintura de cal										
Mortero de cal aérea	0,015	1500,00	0,870	960,00	1.440.000,00	0,023	43,500	0,000000604166666667	24	0,45
Malla										
Tablero de corcho	0,080	110,00	0,045	1670,00	160.000,00	1,778	0,563	0,000000281250000000	24	3,48
Cal hidráulica (Adhesivo)	0,015	610,00								
Embarrado de cal hidráulica	0,020	610,00								
1/2 Ladrillo Perforado	0,120	1200,00	0,350	1.330,00	160.000,00	0,000	0,000	0,000002187500000000	24	1,87
Cámara de aire	0,060									
1/2 Ladrillo Perforado	0,120	1200,00	0,350	1.330,00	160.000,00	0,000	0,000	0,000002187500000000	24	1,87
Revoco de barro	0,015	1700,00	0,800	1000,00	1.700.000,00	0,025	40,000	0,000000470588235294	24	0,50
Pintura de cal										
INTERIOR										
									TOTAL	8,179

Img 53. Tabla "Cálculo del desfase del elemento: cerramiento de fachada". Ed: Elaboración Propia.

Como vemos en la tabla-Img 52, la resistencia térmica del elemento con las mejoras propuestas alcanza los 2,68 m²K/W, mientras que con la solución existente sólo disponíamos de 0,95 m²K/W. Esto supone una resistencia ante la penetración del calor en los elementos que nos separan del exterior muy notable, casi el triple aplicando la propuesta.

Si nos fijamos en el desfase térmico, alcanzamos las 8,18 horas que, si recordamos el desfase de la solución actual, se diferencian en 3 horas. Esto hace que la temperatura acumulada en el paramento, empiece a penetrar en la vivienda en horas más cercanas al final del día, donde podemos depender de la ventilación natural porque el sol está ya desapareciendo por el oeste. Esto permite que, en las horas más calurosas de los días de verano, la vivienda se mantenga a una temperatura razonable que, en días extremos, pueda complementarse con un pequeño aporte de climatización, muy inferior a la necesaria actualmente.

- Cubierta: cubierta vegetal.

CÁLCULO DE TRANSMITANCIA DEL ELEMENTO: CUBIERTA							
Material	λ (W/mK)	e (m)	Posición del cerramiento	Rse	Rsi	R = e/λ R (m2K/W)	U = 1/R U (W/m2K)
INTERIOR							
Forjado unidireccional de viguetas de HA							
Tablero blando de fibra de madera hidrófugo	0,042	0,030	Horizontal flujo ascendente	0,040	-	0,714	1,400
Tablero de corcho	0,045	0,200	Horizontal flujo ascendente	-	-	4,444	0,225
Lámina de butilo. EPDM	0,250	0,002	Horizontal flujo ascendente	-	-	0,008	125,000
Lámina de butilo. EPDM	0,250	0,002	Horizontal flujo ascendente	-	-	0,008	125,000
Lámina geotextil, antirraíces							
Huevera de polietileno							
Arlita de barro	0,120	0,200	Vertical flujo horizontal	-	0,100	1,667	0,600
Vegetación							
EXTERIOR							

Resistencia total del elemento	Transmitancia del elemento
Rt = Rse + Σrcapa + Rsi	U = 1/(Rse + Rel + Rsi)
Rt (m2K/W)	U (W/m2K)
6,119	0,163

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rel
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal <60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Parámetro	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno ⁽¹⁾ [W/m ² ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m ² ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos ⁽²⁾ [W/m ² ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos ⁽³⁾ [m ³ /h·m ²]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

Tabla 1. CTE-HE1

Tabla 2.3. CTE-HE1

Img 54. Tabla "Cálculo de transmitancias del elemento: cubierta". Ed: Elaboración Propia.

CÁLCULO DEL DESFASE DEL ELEMENTO: CUBIERTA										
Material	e (m)	ρ (Kg/m3)	λ (W/mK)	Ce (KJ/KgK) (Wh/KgK)	s (j/m3K)	R = e/λ R (m2K/W)	U = 1/R U (W/m2K)	a=λ/s a (cm2/s)=(m2/s*10000)	t (h)	τ=0,0167*t/2*√[1/(π*a*τ)]*d τ (h)
INTERIOR										
Forjado unidireccional de viguetas de HA										
Tablero de corcho	0,080	110,00	0,045	1670,00	160.000,00	0,563	0,000	0,000000281250000000	24	3,48
Lámina de butilo. EPDM	0,002	1310,00	0,250	2.102,00	2.753.620,00	0,008	125,000	0,000000090789578809	26	0,16
Lámina de butilo. EPDM	0,002	1310,00	0,250	2.103,00	2.754.930,00	0,008	125,000	0,000000090746407350	27	0,16
Lámina geotextil, antirraíces										
Huevera de polietileno										
Arlita de barro	0,100	350,00	0,120	2.106,00	737.100,00	1,667	0,600	0,000000162800162800	30	6,40
Vegetación										
EXTERIOR										
									TOTAL	10,201

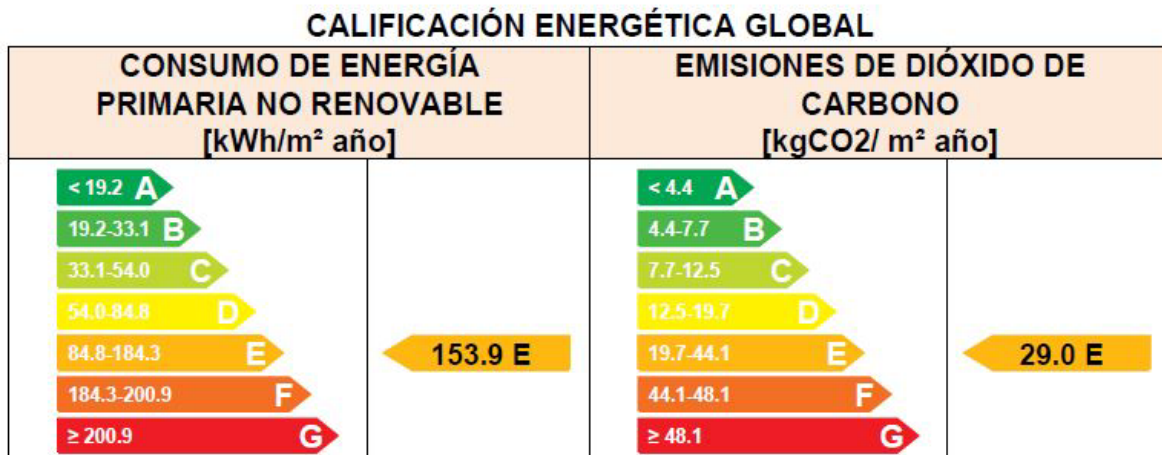
Img 55. Tabla "Cálculo del desfase del elemento: cubierta". Ed: Elaboración Propia.

Como vemos en la tabla-*img 54*, la resistencia térmica se cuadruplica con respecto a la cubierta actual. Esto supone una mejora más que notable, sobre todo teniendo en cuenta que la tabla no tiene en cuenta la resistencia de la propia vegetación, la cual actúa como absorbente de la radiación solar directa evitando que el soporte se caliente más de lo debido.

En la tabla-*img 55*, vemos que el desfase térmico es de 10,20 horas, diferenciándose en 4 horas de la cubierta actual. Al igual que lo que ocurre con el cerramiento de fachada, en cubierta supone que el calor penetre en la vivienda pasadas las horas de sol más directo, permitiéndonos disipar el calor a través de ventilación natural.

- **Certificación energética: propuestas de mejora.**

Al aplicar las medidas de mejora propuestas y descritas en los apartados anteriores, la certificación energética cambia considerablemente:



Img 56. Indicador de emisiones. Certificación energética. Medidas de mejora. Ed: Elaboración propia. Fuente: Software CE3x.

Con la propuesta descrita, pasamos de estar en un G muy por encima del límite, a un E ya más cercano al siguiente paso. Esto supone estar dentro de los límites mínimos exigidos por la normativa española.

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m ² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año]
< 4.6 A	< 7.8 A
4.6-10.7 B	7.8-12.6 B
10.7-19.2 C	12.6-19.5 C
19.2-32.2 D	19.5-30.0 D
32.2-64.3 E	30.0-36.9 E
64.3-70.1 F	36.9-45.4 F
≥ 70.1 G	≥ 45.4 G

32.3 E	37.9 F
--------	--------

Img 57. Demanda energética para calefacción y refrigeración. Certificación energética. Medidas de mejora. Ed: Elaboración propia. Fuente: Software CE3x.

A la constructiva, se añade la sencilla propuesta de cambiar la caldera para ACS y el equipo de refrigeración y calefacción por otros de alta eficiencia energética, se reduce la demanda en calefacción de 125,8 kWh/m²año a 32,3 kWh/m²año. Como es evidente, la reducción de la necesidad de calefacción se reduce más que considerablemente. Se reduce casi cuatro veces.

La demanda de refrigeración también se reduce de 44,5 kWh/m²año a 37,9 kWh/m²año, aunque el cambio no es tan notable, ya que el software utilizado no contempla la posibilidad de añadir la arlita de barro y la vegetación al cálculo. Por tanto, la absorción de calor en gran parte de la envolvente no se está teniendo en cuenta en estas cifras.

En el Anejo I se adjunta el cálculo completo para que sea posible la contrastación de esta información.

5. SÍNTESIS DEL ESTUDIO

El interés que provoca la realización de este estudio surge cuando, en los primeros años de la carrera, empiezo a conocer el mundo de la arquitectura sostenible, los materiales naturales, la contaminación provocada por la construcción y la repercusión que todo esto tiene en nuestra salud.

Desde ese momento, decido seguir formándome en esa dirección y, dado que en la escuela no imparten más que un par de optativas orientadas a este tema tan necesario de la arquitectura, tengo que hacerlo por mi cuenta. Por ello, en la ocasión de elegir un tema a desarrollar, como es en esta asignatura, creo que lo más adecuado es ponerme a mí misma un ejercicio a desarrollar para tener la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos y seguir indagando todo lo posible.

Además, se suma a todo ello la situación en la que me encuentro personalmente, ya que vivo en el edificio caso de estudio y soy muy conocedora de las deficiencias que sufre. Sé el gasto que supone calefactar o refrigerar este edificio en el que no existe el aislamiento

térmico y cuya carpintería, para mí el elemento que más perjudica al confort en estas viviendas, son prácticamente inútiles.

Con el estudio inicial del contexto en el que se ubica la edificación en cuestión, he ahondado mucho en la historia de España y, sobre todo, de Sevilla, y he sido muy consciente de que hay multitud de ciudadanos que sufren la misma situación de disconfort y de pobreza energética.

Por ello, espero que este estudio me ayude a evolucionar y aporte de algún modo conocimiento de la realidad de la mayoría de las viviendas del país.

6. CONCLUSIONES

Tras haber comparado la diferencia entre la solución constructiva actual y la propuesta en este estudio, la conclusión más evidente es que las edificaciones construidas en estas condiciones no cumplen con la normativa vigente y el nivel de confort es más que deficiente, provocando una gran demanda de energía en calefacción y, sobre todo, en refrigeración que la mayoría de los usuarios de estas viviendas no puede permitirse.

La pobreza energética en España existe y en una proporción que no nos imaginamos. Miles de familias sacrifican gran parte de sus ingresos en climatizar sus viviendas para vivir en niveles de confort mínimos, privándose de otras necesidades.

La ausencia de aislamiento térmico y la deficiencia en la impermeabilización hacen de estas viviendas lugares con niveles de disconfort insostenibles. Sólo con añadir aislamiento en la envolvente y reduciendo las infiltraciones de las carpinterías, pueden mejorarse las condiciones de habitabilidad y salubridad dentro de estas edificaciones.

La propuesta de materiales naturales se orienta a la conservación del medio ambiente a la preocupación por el futuro de nuestro planeta. Como se ha explicado, la contaminación del planeta está provocada en gran medida por la construcción y, como arquitectos, deberíamos ser conscientes del problema y tratar de darle solución en la medida de lo posible. Estos materiales están a nuestro alcance, en el mercado, y podemos proponerlos en nuestros proyectos. Si se aplicasen con más frecuencia desaparecería la barrera de la diferencia de precios, pues esto se reduce a la oferta y la demanda y, a la vez, estaríamos reduciendo considerablemente la contaminación y el calentamiento del planeta.

Por otro lado, el estudio del clima previamente a la realización del proyecto, el estudio de su orientación, de la incidencia del sol y la existencia de los obstáculos colindantes, es tan importante como las soluciones constructivas que puedan utilizarse. Analizando correctamente estos factores, podemos incidir de un modo más preciso en el diseño de nuestros proyectos y, aplicando las estrategias pasivas correctas, podemos reducir mucho el gasto en materiales de aislamiento, etc.

Por último, la razón por la que se elige realizar una rehabilitación es, en primer lugar, por ser la manera más ecológica de construir, pues se alarga la vida útil de un edificio que ha

cargado con una mochila energética desde su construcción y, a partir de su rehabilitación, es una nueva construcción libre de repercusión en el medio ambiente. Además, se hace evidente la necesidad de incidir en el parque edificado de España pues, como ya hemos comentado en varias ocasiones, es un gran porcentaje de este el que actualmente carece de condiciones de confort suficientes.

7. BIBLIOGRAFÍA

Domínguez Amarillo S Sendra J Oteiza San José I. “La envolvente térmica de la vivienda social: el caso de Sevilla, 1939 a 1979”. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. 2016.

Serrano Lanzarote B. “DTIE 18.01: Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios”. ATECYR. 2013.

“Hogar y arquitectura”. Ediciones y Publicaciones Populares. 1955.

Marco Fraile R Buil Guallar C Pérez Segura J Lahuerta J. “L'architecture vivante : el documento arquitectónico del movimiento moderno : revista editada por Albert Morancé 1923-1933”. Delegación de Zaragoza del Colegio Oficial de Arquitectos de Aragón. 2004.

“La construcción moderna: revista quincenal ilustrada de arquitectura, ingeniería e higiene urbana”. La construcción moderna. 1927.

Queiro Quijada R. “Patronato Municipal y Real Patronato de Casas Baratas de Sevilla. Aportaciones a la conformación de la ciudad a través de la vivienda social: 1913-1986”. 2016.

Muñoz Rodríguez J. “Propuestas de mejora de la calificación energética de la vivienda social colectiva mediterránea construida entre 1950 y 1980 y su evolución, caso particular viviendas sociales del Polígono San Pablo, Sevilla”. 2016.

Domínguez Amarillo S Sendra J Oteiza San José I. “La envolvente térmica de la vivienda social: el caso de Sevilla, 1939 a 1979”. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. 2016.

Pinzón-Ayala D. “Una arquitectura para trabajar y vivir en colectividad, la casa cuartel de la guardia civil”. 2016.

Romero Leo C. “Rehabilitación energética de viviendas mediante fachadas tipo SATE validadas con celdas de ensayo”. 2017.

Porras Pavón M. “La rehabilitación energética de la vivienda tradicional mediterránea y los objetivos del H2020”. 2016.

Guerrero Rubio J. “Rehabilitación energética de barriadas obsoletas en Andalucía, estudio de soluciones constructivas en módulos de ensayo”. 2015.

Granados H. “Rehabilitación energética de edificios”. Tornapunta. 2012.

“Ecohabitar bioconstrucción, consumo ético, permacultura, vida sostenible”. Antonio Marín Perdices. 2004.

Bueno M. “El gran libro de la casa sana”. Ediciones Martínez Roca. 1992.

Minke G. “Techos verdes: sencillo y eficaz: planificación, ejecución, consejos prácticos”. EcoHabitar. 2005

Minke G Peterssen G. “Muros y fachadas verdes, jardines verticales: sistemas y plantas, funciones y aplicaciones”. Icaria. 2014.

Goodland R Marín C González C . “Medio ambiente y desarrollo sostenible: más allá del Informe Brundtland”. Trotta. 1997.

Gardner G Prugh T Renner M Auth K Mastny L Worldwatch Institute. “State of the world 2015 : confronting hidden threats to sustainability”.

Morris A Bernet R. “Historia de la forma urbana : desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial”. Gustavo Gili. 1984.

Silva Ardanuy F. “Pobreza energética en España : alcance y protección constitucional ”. Aranzadi. 2014.

Fernández Salinas V. “La reforma interior de Sevilla entre 1940 y 1959”. Universidad de Sevilla. 1992.