

THE MODERN ECO VILLAGE

INFORME

ESTUDIO DE COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO



Evalore



Cliente: JAS | Fecha del informe actualizado 12/03/2025 | Versión: v0 | Contacto: fborrell@evalore.es, pmunoz@evalore.es
| Simulador energético: Francesc Borrell

SOFTWARE UTILIZADO – DESIGN BUILDER

La simulación energética es una herramienta que permite obtener resultados cuantificables y comparables del comportamiento energético de un edificio.

Se utiliza el software Design Builder, con motor de cálculo EnergyPlus, y que es uno de los programas informáticos de mayor prestigio a nivel mundial para la realización de simulaciones energéticas de edificios.

Mediante simulaciones energéticas se puede modelar matemáticamente un edificio, tomando en cuenta la configuración geométrica (modelo en 3D), su régimen de uso (operación), y la materialidad de su envolvente.



¿POR QUÉ LLEVAR A CABO UN ANÁLISIS ENERGÉTICO COMPLEJO?

Hay una serie de decisiones arquitectónicas cuyo impacto en el rendimiento energético de nuestros edificios y, por ende, en las emisiones de carbono asociadas, es superlativo. Sin embargo, en la mayoría de proyectos estas decisiones se toman de manera ajena a criterios de sostenibilidad, dando como resultado edificaciones poco eficientes y con deficientes condiciones de confort.

La realización de un análisis energético complejo como éste es la garantía de que estos criterios de sostenibilidad se incorporan, y de que lo hacen desde el principio. Asimismo, un estudio energético permite comprender qué decisiones tienen mayor peso en el rendimiento energético del edificio, permitiéndonos optar por aquellas que maximizan el impacto positivo frente a otras cuyas implicaciones constructivas pueden ser más difíciles de asumir y su beneficio directo no tan elevado.

Algunas de las decisiones más importantes se toman al principio y están relacionadas con criterios como la orientación, el volumen o la protección y disposición de los vanos en la envolvente. Otras, con las características constructivas que determinarán cuestiones como la inercia térmica, la transmitancia general o la capacidad de captar o mantener a raya la radiación solar. El presente informe, que parte de una geometría ya cerrada, pretende atender a esos criterios iniciales que se han identificado como revisables y que pueden ofrecer mejoras en el rendimiento energético considerables a un bajo coste.

El trabajo de simulación necesario para la realización de este informe se ha llevado a cabo siguiendo una metodología personalizada para el proyecto. Como parte del proceso se ha utilizado un software de simulación energética dinámica que permite simular el comportamiento energético de los diferentes edificios tras la incorporación de las mejoras propuestas. Este informe, en todo caso, se articula como un diagnóstico, quedando patente que es preciso llevar a cabo una segunda fase para poder determinar con exactitud los parámetros de los sistemas y materiales que compongan un edificio optimizado.

Esperamos que logre el objetivo de servir para mejorar el proceso de toma de decisiones beneficiando la sostenibilidad global del proyecto.

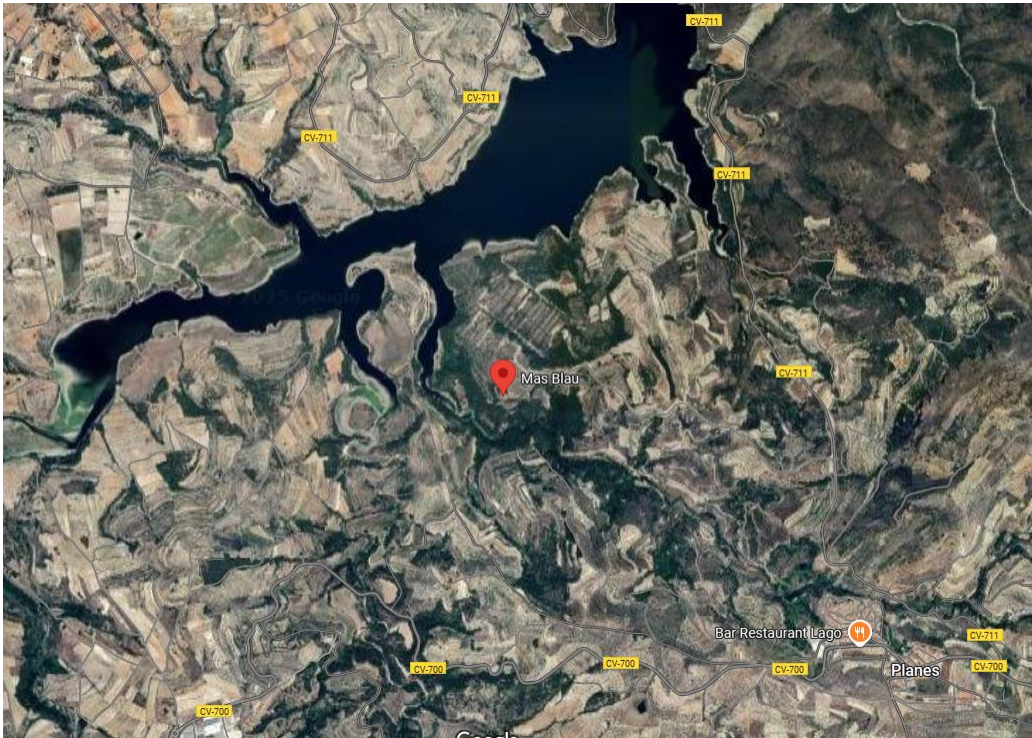
Pablo Muñoz Hernández
Co-fundador y CEO, EVALORE

PARTE 2 – CONTEXTO DE PROYECTO

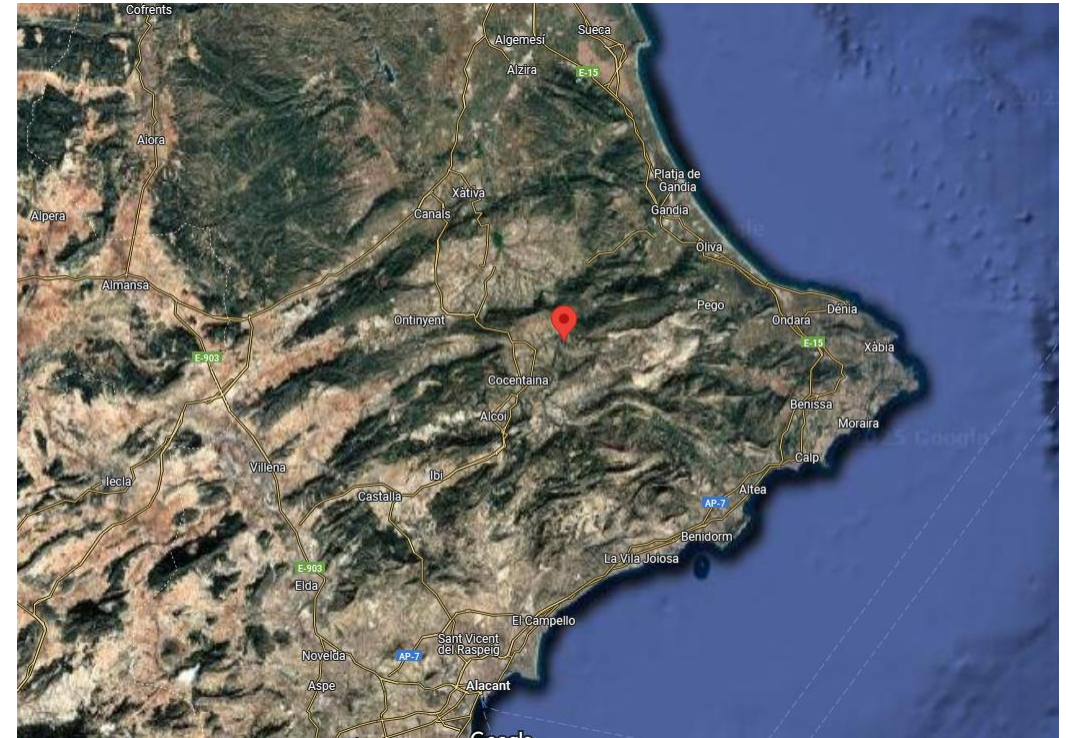


1.1 Objeto del estudio

El objeto de análisis es el proyecto de obra nueva de la urbanización “The Modern Eco Village” en Planes, Alicante.



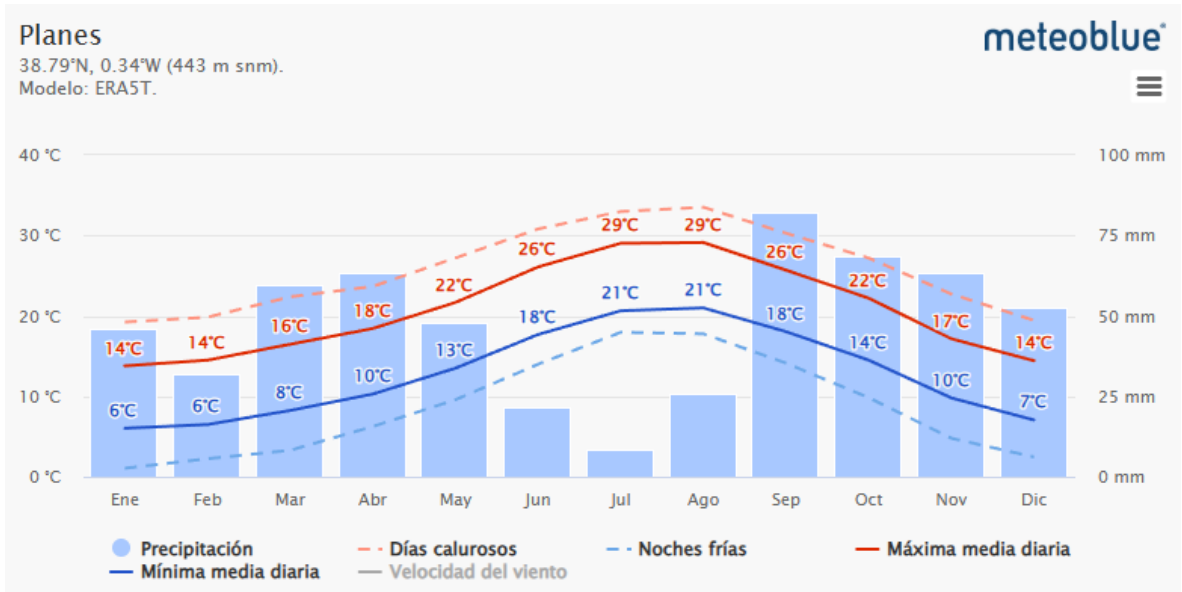
VISTA AÉREA EMPLAZAMIENTO



VISTA AÉREA EMPLAZAMIENTO

1.2 Datos climáticos del emplazamiento

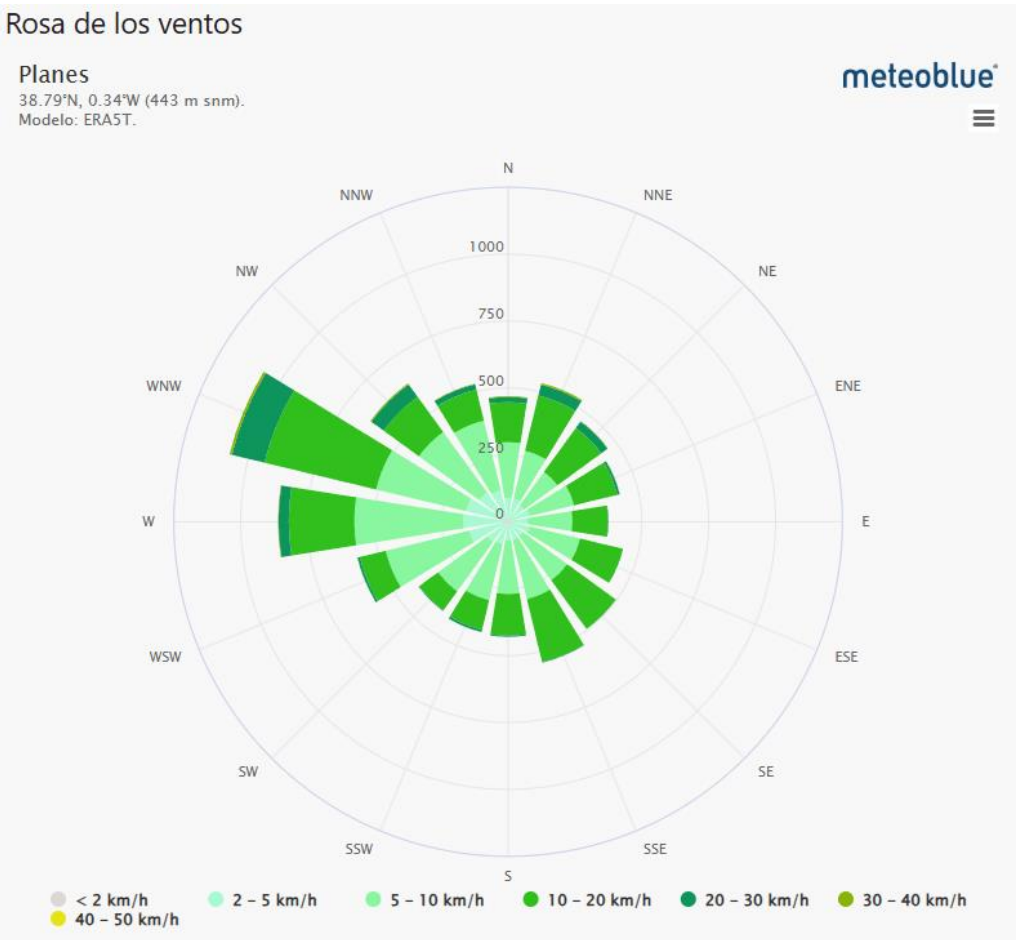
En Planes, los veranos son cortos, calurosos, húmedos y mayormente despejados; los inviernos son largos, fríos, ventosos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 4 °C a 28 °C y rara vez baja a menos de -0 °C o sube a más de 31 °C.



Fuente: Meteoblue

Para el estudio se considera el archivo climático de la estación meteorológica de Planes.

Además, considerando las proyecciones climáticas realizadas por la comunidad científica, como las presentadas en los informes del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021) y las evaluaciones regionales sobre el cambio climático en la Comunidad Valenciana, se ha anticipado un incremento de las temperaturas en el futuro debido al cambio climático, lo cual puede afectar la demanda energética de los edificios. Este enfoque busca garantizar una simulación más realista y acorde con las tendencias climáticas esperadas en las próximas décadas.



PARTE 3 – OBJETIVOS DEL INFORME



3.1 Objetivos del Informe

Identificar potenciales mejoras en el diseño base

Evaluar el rendimiento energético del diseño actual con el objetivo de detectar oportunidades de optimización que reduzcan el consumo energético y mejoren el confort térmico. Este análisis permitirá identificar ineficiencias en la envolvente térmica, orientación del edificio, sistemas de climatización e iluminación, así como posibles mejoras en estrategias pasivas y activas de eficiencia energética.

Proponer diferentes soluciones constructivas

Explorar y comparar diversas alternativas de diseño y materiales con un enfoque en la eficiencia energética. Se analizarán mejoras en aislamiento térmico, protecciones solares, optimización de la ventilación natural y forzada, así como la integración de tecnologías renovables. Cada solución será evaluada en términos de su impacto energético, coste-beneficio y viabilidad técnica dentro del proyecto.

Establecer una línea base sobre la que desarrollar en futuras fases

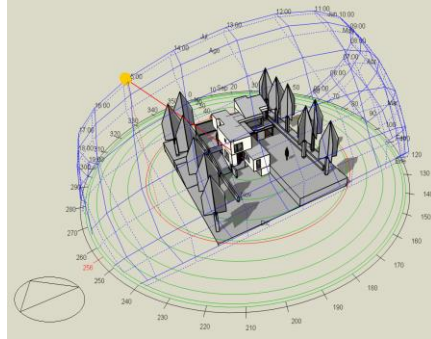
Definir un punto de referencia cuantificable que refleje el rendimiento energético del diseño actual, sirviendo como base para la toma de decisiones en fases posteriores del proyecto. Esto permitirá medir la efectividad de las soluciones implementadas y facilitar la evolución del diseño hacia estándares más exigentes de eficiencia energética y sostenibilidad.

PARTE 4 – DESCRIPCIÓN DE FASES FUTURAS



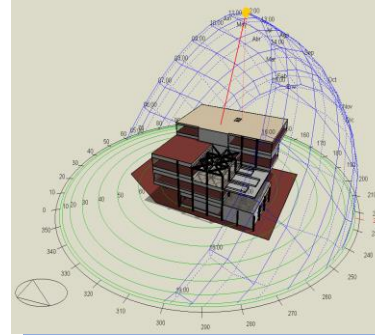
4.1 Metodología Simulaciones Energéticas

FASE 1



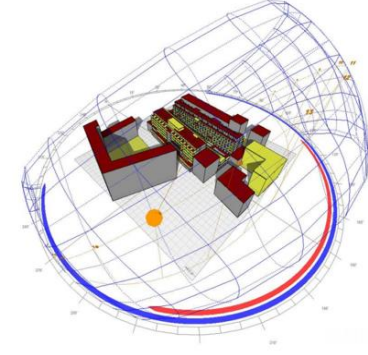
DIAGNÓSTICO

FASE 2



PROPUESTAS DE
MEJORA

FASE 3



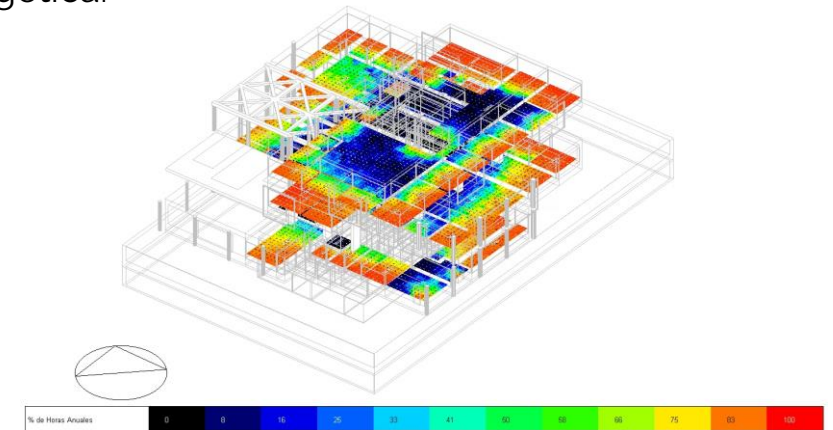
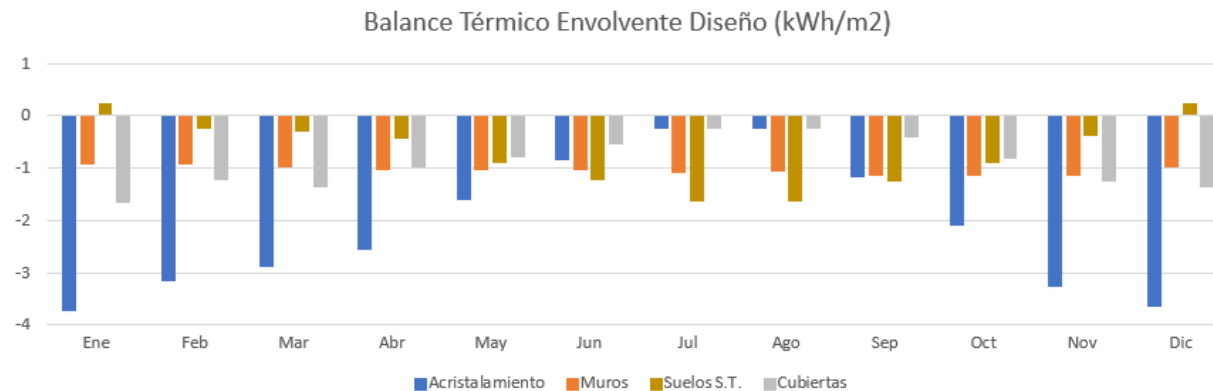
SIMULACIÓN
FINAL

PRESENTE INFORME

4.2 Diagnóstico

Un diagnóstico de simulación energética de edificios implica una evaluación exhaustiva de los datos geométricos, de materiales y de uso en el modelado de las primeras etapas, lo que permite tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia energética:

- **Datos geométricos:** Evaluación de las dimensiones, la orientación y la forma del edificio.
- **Información de materialidad:** Examinar la composición del material de construcción y las propiedades de aislamiento.
- **Cargas internas:** Evaluación de los datos sobre el equipo, la iluminación y las fuentes de calor internas.
- **Parámetros de confort:** Considerar y evaluar los requisitos de confort térmico.
- **Identificación de oportunidades:** Reconocer áreas para mejorar la eficiencia energética.



4.3 Propuesta de Mejoras

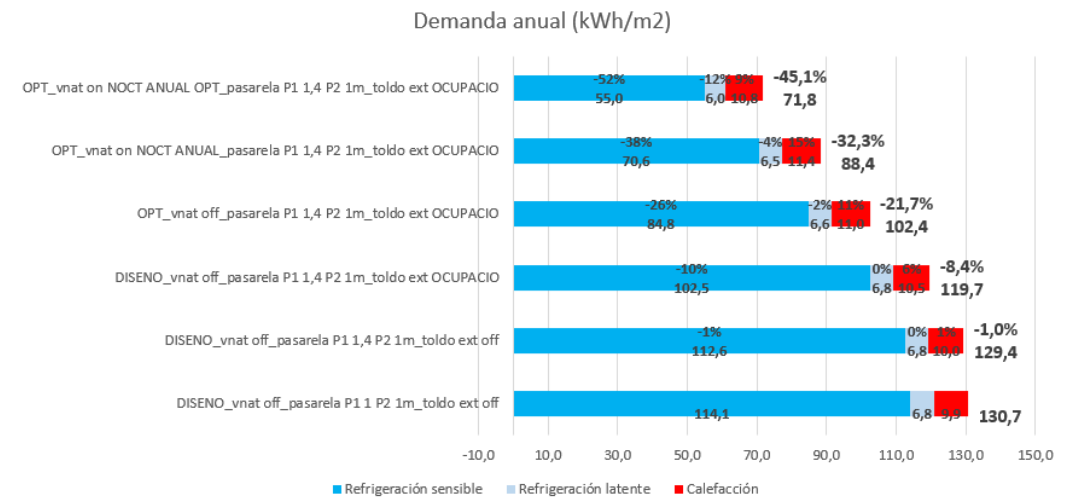
El estudio de las mejoras implica una exploración exhaustiva de diversas opciones de diseño en el contexto de objetivos contradictorios, como la reducción del consumo de energía y los costos de construcción:

- **Aislamiento e inercia térmica:** Optimice los gabinetes opacos para mejorar el aislamiento y el rendimiento térmico
- **Acristalamiento optimizado:** Priorice las mejoras en los tipos y proporciones de acristalamiento para ventanas y puertas energéticamente eficientes
- **Mejora de las protecciones solares:** Estudio de las mejoras en los mecanismos de protección solar.
- **Optimización del factor de forma:** Analice las mejoras en el factor de forma del edificio.
- **Refinamientos de la orientación solar:** Evalúe las mejoras a través de ajustes en la orientación solar.

6.8 Análisis económico y selección final

Equipo Diseño Solera U 0,65 / 3 cm Fachada principal U 0,3 / 12 cm Cubierta inclinada U 0,16 / 20 cm Ventana general U 1,095 / g 0,57 / TL 0,77 Ventana patio U 1,095 / g 0,57 / TL 0,77 Cubierta PSOT U 0,35 / 8 cm Fachada lateral U 0,25 / 12 cm Medianera U 0,23 / 12 cm	H1 Solera U 0,65 / 3 cm Fachada principal U 0,35 / 9 cm Cubierta inclinada U 0,35 / 8 cm Ventana general U 1 / g 0,294 / TL 0,599 Ventana patio U 1,095 / g 0,57 / TL 0,77 Cubierta PSOT U 0,35 / 8 cm Fachada lateral U 0,41 / 6 cm Medianera U 0,45 / 6 cm	H2 Solera U 0,65 / 3 cm Fachada principal U 0,31 / 18 cm Cubierta inclinada U 0,35 / 8 cm Ventana general U 1 / g 0,294 / TL 0,599 Ventana patio U 1,095 / g 0,57 / TL 0,77 Cubierta PSOT U 0,35 / 8 cm Fachada lateral U 0,41 / 6 cm Medianera U 0,23 / 12 cm
H3 Solera U 0,65 / 3 cm Fachada principal U 0,31 / 18 cm Cubierta inclinada U 0,35 / 8 cm Ventana general U 1 / g 0,294 / TL 0,599 Ventana patio U 1 / g 0,525 / TL 0,755 Cubierta PSOT U 0,24 / 12 cm Fachada lateral U 0,41 / 6 cm Medianera U 0,32 / 8 cm	H4 Solera U 0,65 / 3 cm Fachada principal U 0,35 / 9 cm Cubierta inclinada U 0,35 / 8 cm Ventana general U 1 / g 0,294 / TL 0,599 Ventana patio U 1,095 / g 0,57 / TL 0,774 Cubierta PSOT U 0,35 / 8 cm Fachada lateral U 0,41 / 6 cm Medianera U 0,45 / 6 cm	

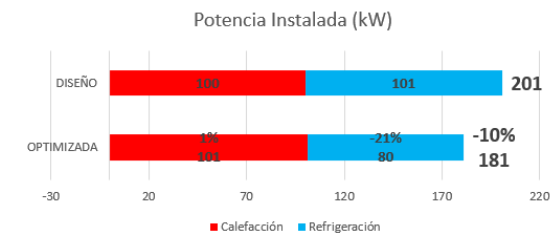
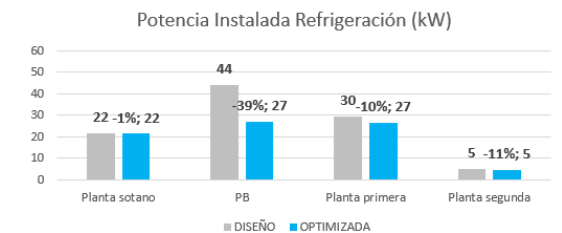
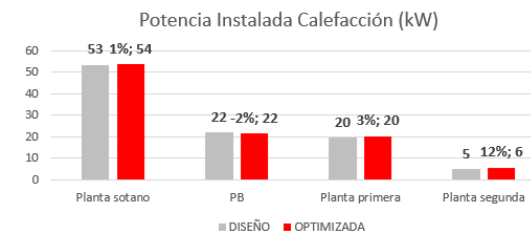
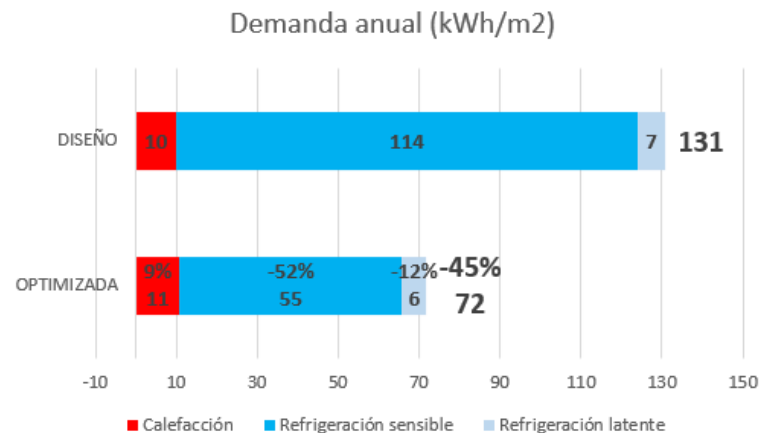
Variable modificada con respecto a equipo de diseño



4.4 Simulación Final

En la fase final de una simulación energética de edificios, se sintetizan propuestas de diseño validadas para una simulación energética detallada, que proporciona información sobre las averías del consumo de energía y las cargas térmicas para determinar los requisitos de potencia del sistema:

- **Compilación de propuestas de diseño:** Colección de propuestas de diseño aprobadas
- **Simulación energética final:** Simulación energética integral en la fase final
- **Detalles del resultado:** Desgloses detallados del consumo de energía y las cargas térmicas
- **Requisitos de energía del sistema:** Determinación de la potencia requerida para los sistemas de construcción
- **Decisiones de diseño informadas:** Empoderar al equipo de diseño con información valiosa para tomar decisiones informadas sobre las capacidades del sistema y la eficiencia energética

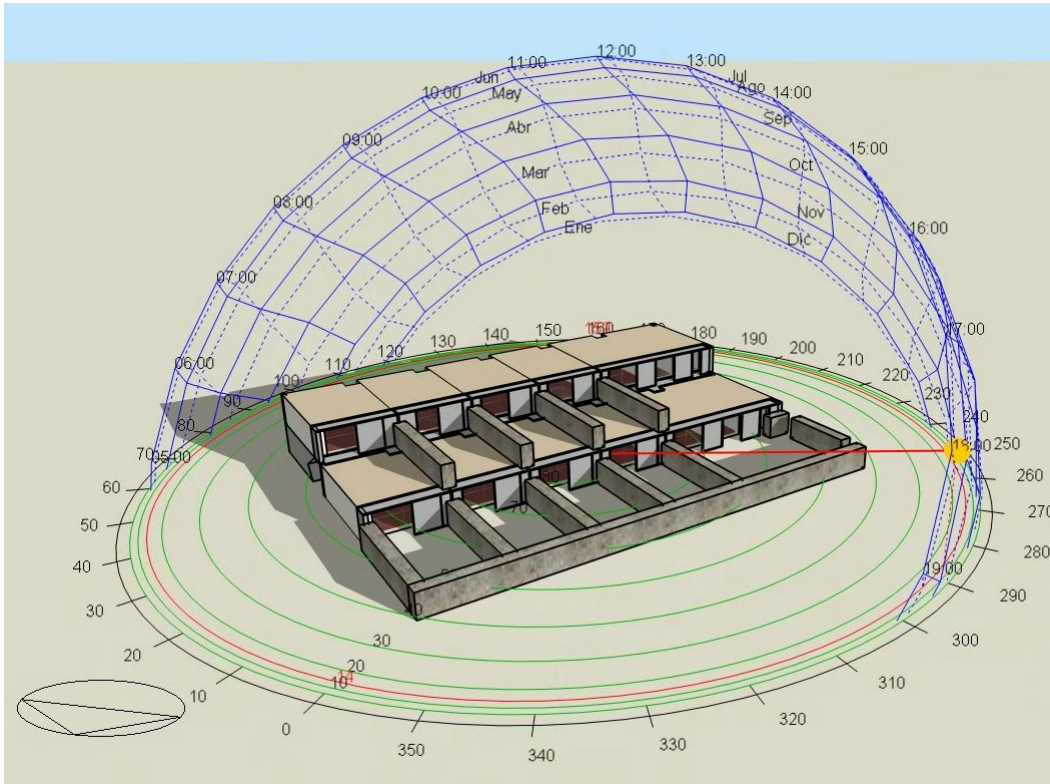


PARTE 5 – GEOMETRÍA

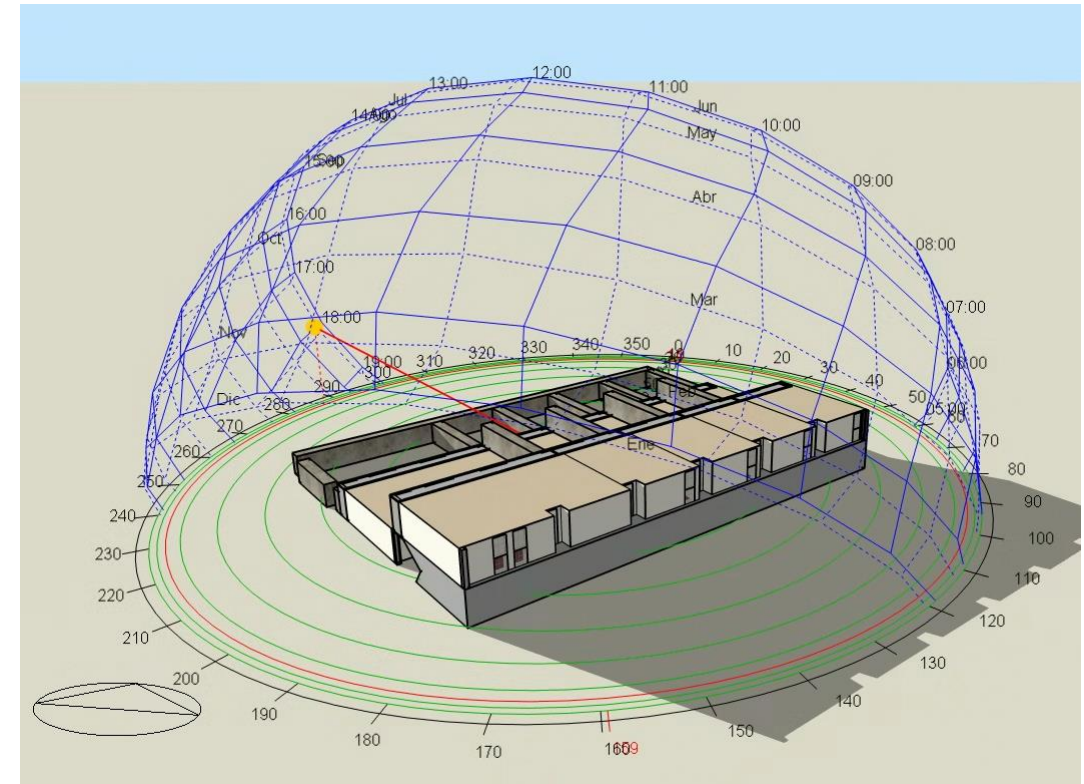


5.1 Geometría modelada

En estas dos vistas, se puede observar el recorrido solar y su incidencia durante los diferentes meses del año y en cada hora. También se pueden observar las sombras proyectadas, a modo de ejemplo, durante el 15 de abril a las 12h.



Vista Noroeste



Vista Sureste

Como se puede observar, debido a la **orientación solar** de los apartamentos, el sol solo incide en la **fachada principal** durante el **verano** y a partir de las **16 h**. Sin embargo, gracias a los **voladizos**, el sol tarda un poco más en entrar en la **vivienda**. A pesar de esto, esta **orientación** no es adecuada, especialmente para este tipo de **clima**. Será necesario considerar soluciones como **protecciones solares** o vidrios de **bajo factor solar** para mitigar el impacto térmico.

PARTE 6 – INPUTS: HORARIOS

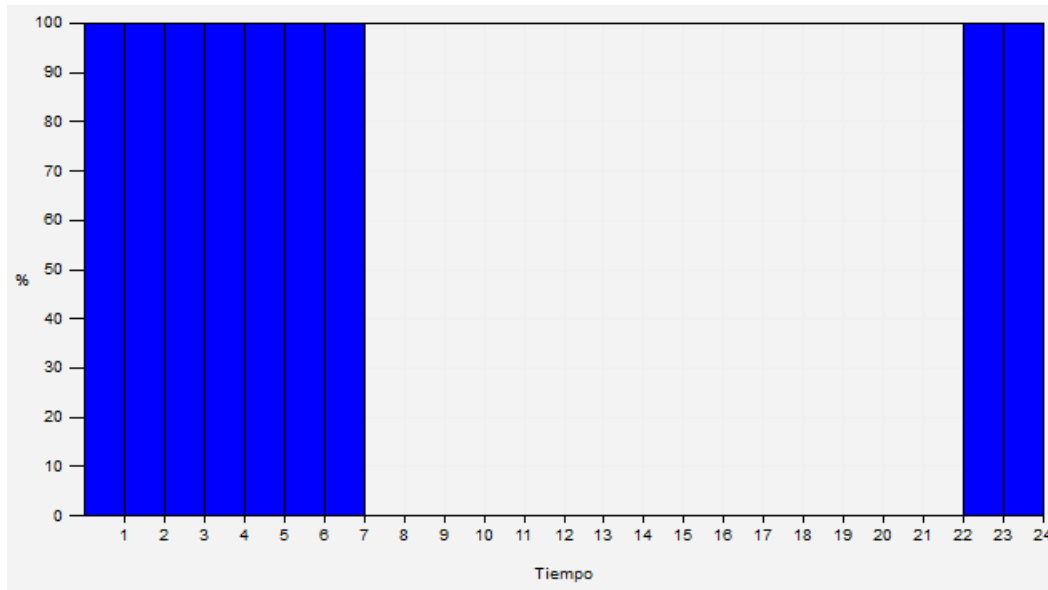


6.1 Inputs y horarios de Ocupación

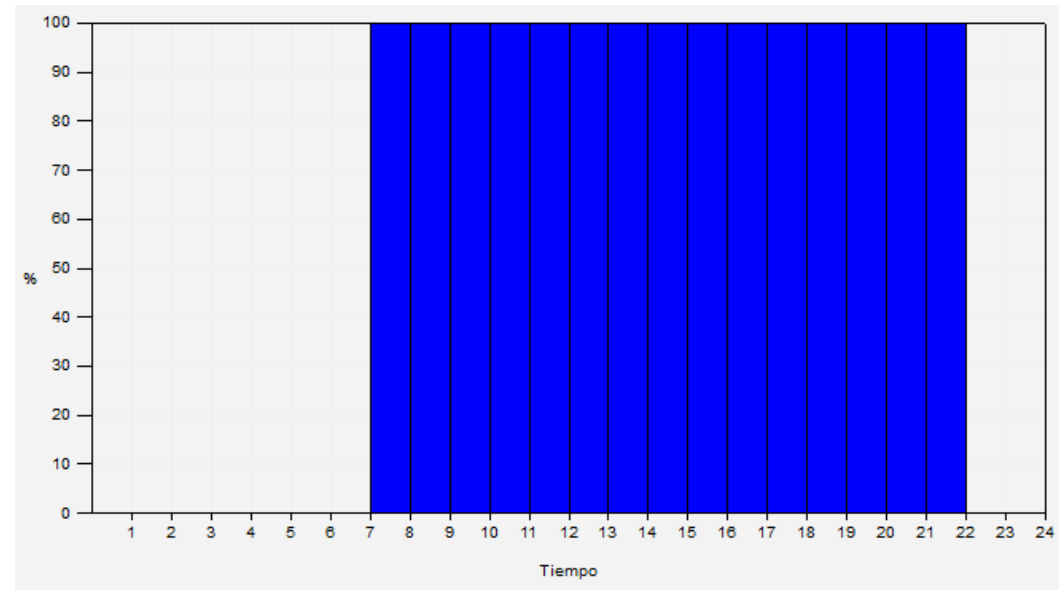
A continuación se muestran los inputs seleccionados y la programación asignada a cada tipo de espacio **regularmente ocupado**:

- Los inputs han sido facilitados por el equipo de diseño.
- Los horarios de funcionamiento vienen determinados por un porcentaje en cada hora que multiplica al input seleccionado en el espacio.
- Se ha estimado que habrá 2 personas viviendo en los lofts y 3 personas en las viviendas estándar.
- Se ha considerado el mismo horario entre semana que en fin de semana.

Dormitorio



Salón-cocina

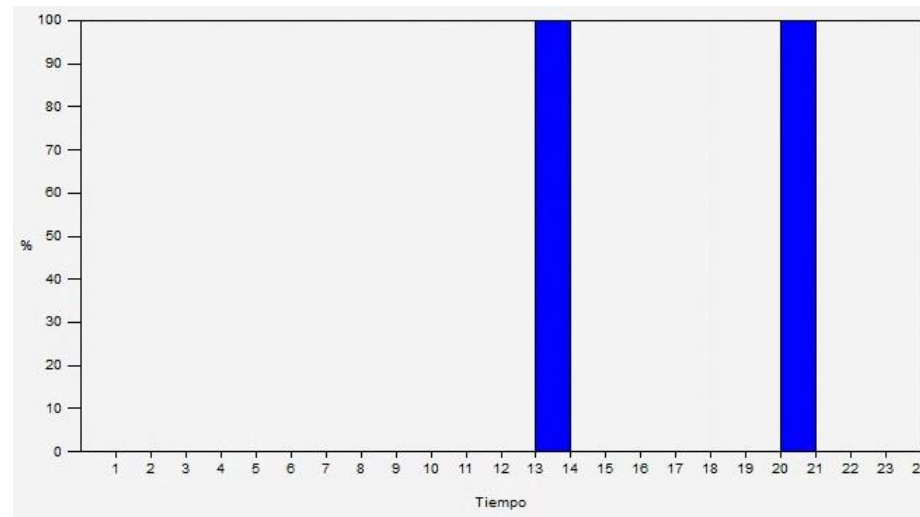


6.2 Inputs y horarios de Equipos eléctricos

A continuación se muestran los inputs seleccionados y la programación asignada a cada tipo de espacio:

- Los inputs han sido facilitados por el equipo de diseño.
- Los horarios de funcionamiento vienen determinados por un porcentaje en cada hora que multiplica al input seleccionado en el espacio.
- Se ha estimado que en la cocina habrá una vitrocerámica de 2000 W, una nevera de 350 W. La nevera funciona las 24h.
- En el salón habrá un televisor de 400 W.

Salón-cocina: Vitrocerámica y Televisor

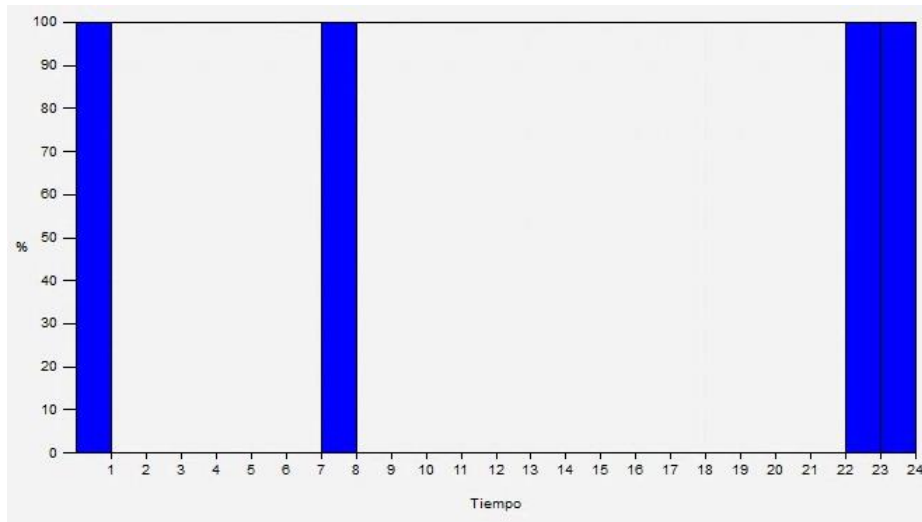


6.3 Inputs y horarios de Iluminación

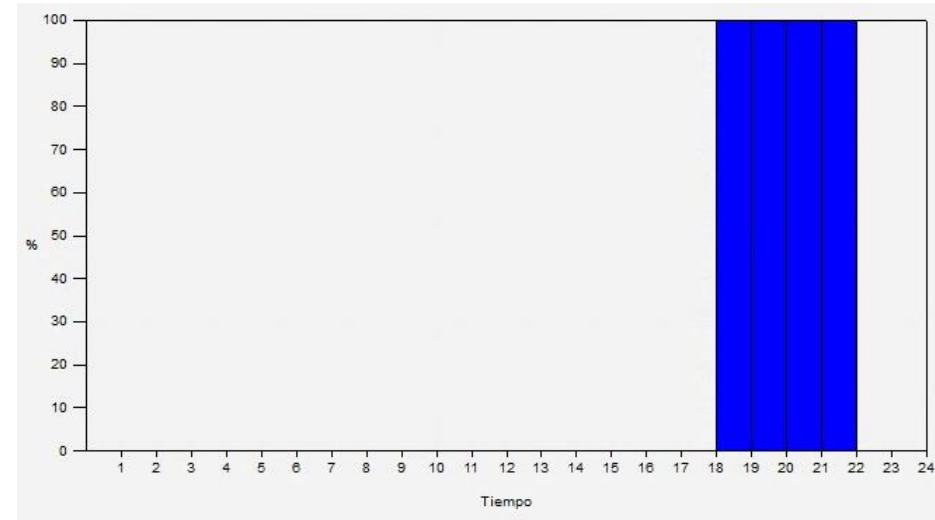
A continuación se muestran los inputs seleccionados y la programación asignada a cada tipo de espacio:

- Los horarios de funcionamiento vienen determinados por un porcentaje en cada hora que multiplica al input seleccionado en el espacio.
- Se ha considerado un ratio de potencia de iluminación de las luminarias propio de luminarias LED y para el sector residencial de 6 W/m².

Dormitorio



Salón-cocina-despacho



6.4 Inputs y horarios de Climatización y Ventilación mecánica

A continuación se muestran los inputs seleccionados y la programación asignada a cada tipo de espacio:

CLIMATIZACIÓN

- Los horarios de funcionamiento vienen determinados por un porcentaje en cada hora que multiplica al input seleccionado en el espacio.
- La temperatura de consigna de refrigeración será de 25°C y la de calefacción de 20°C.
- Se ha considerado un rendimiento estacional, con un SCOP de la unidad exterior de 4,28 y el SEER de 6,6.
- Se ha establecido una temperatura de impulsión propia de un sistema de climatización por conductos de aire, de 35°C para calefacción y de 14°C para refrigeración.
- Los espacios que irán climatizados será el **salón-cocina y dormitorios**.

VENTILACIÓN MECÁNICA

- Se instalará un sistema de ventilación mecánico con doble flujo entálpico, con recuperación de calor y control de la humedad.
- Se ha dimensionado la máquina teniendo en cuenta, 0,3 ren/h, que es lo que establece el sello Passivhaus.
- El rendimiento de la recuperación de calor sensible es del 75% y del calor latente del 75%. Es muy importante, que la envolvente tenga una buena hermeticidad (1 ren/h a 50 Pa o inferior).
- La ventilación mecánica funcionará durante todo el día.

PARTE 7 – SOLUCIONES ENVOLVENTE TÉRMICA



PARTE 7 – SOLUCIONES ENVOLVENTE TÉRMICA



ACRISTALAMIENTO

7.1 Planteamiento y propuestas de mejora – Acristalamiento exterior

A continuación se exponen los **tipos de vidrios** analizados, todos ellos con una **transmitancia térmica** similar. Lo único que varía es el **factor solar**. También se presenta el precio estimado por m² de cada uno de ellos.

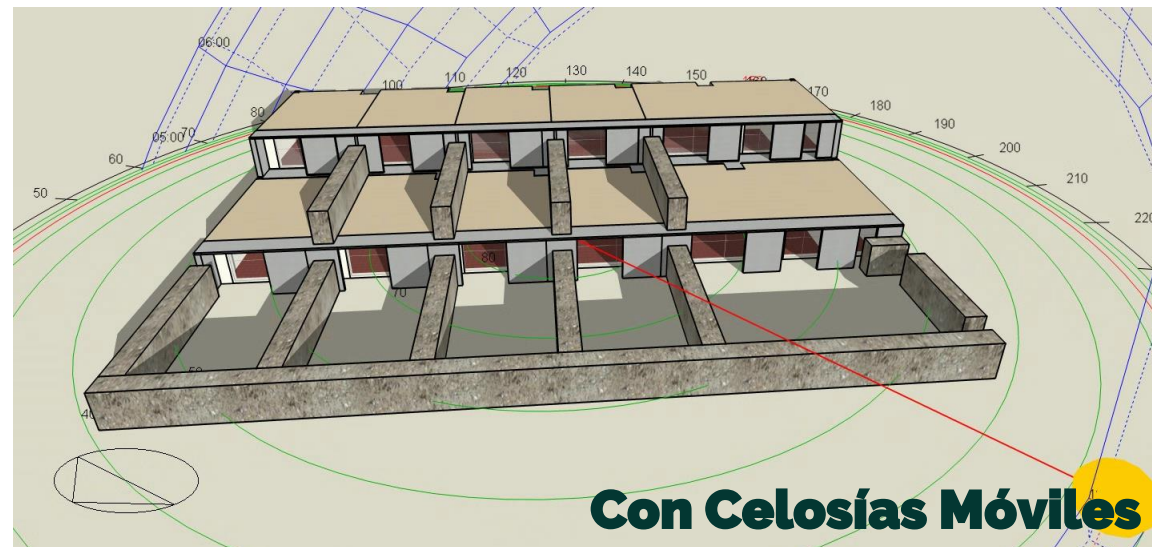
- H1: BAJO EMISIVO CON FACTOR SOLAR ALTO, 743 €/m²
- H2: BAJO EMISIVO CON FACTOR SOLAR MEDIO, 748 €/m²
- H3: BAJO EMISIVO CON FACTOR SOLAR BAJO, 755 €/m²

Nota: Se han tenido en cuenta configuraciones de acristalamiento con una transmitancia lumínica elevada ($TL > 0,6$), para no reducir la entrada de iluminación natural manteniendo buenas prestaciones térmicas.

El coste solo incluye el suministro.

7.2 Planteamiento y propuestas de mejora – Celosía

Con el **objetivo de reducir la incidencia solar** en las **tardes de verano**, se propone colocar una **celosía cerámica móvil**. Esta celosía se ha colocado delante del **muro cortina**, a modo de pantalla, y se ha desplazado hacia la **derecha** de cada vivienda 1,5 m, debido a la orientación del sol en este momento del día. Este desplazamiento permite bloquear más **radiación solar** sin penalizar las vistas exteriores. Se ha planteado con un color oscuro. Se ha buscado que las celosías no bloqueen la visión al exterior a lo largo de toda su longitud.



PARTE 7 – SOLUCIONES ENVOLVENTE TÉRMICA



CERRAMIENTOS OPACOS

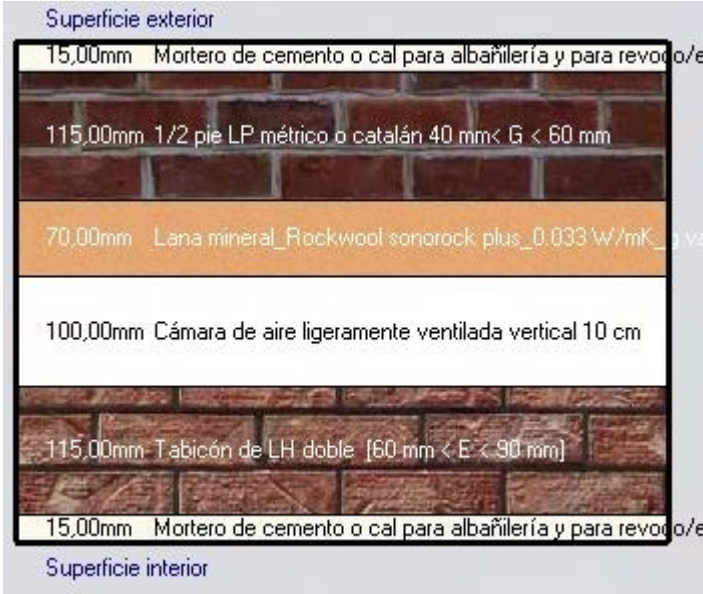
7.3 Planteamiento y propuestas de mejora – Fachada

A continuación, se presentan varias **soluciones de fachada** optimizadas según distintos criterios de **aislamiento, inercia y coste**. Cada opción ha sido seleccionada para cumplir con las necesidades específicas de **eficiencia energética** del proyecto, considerando el impacto en el **rendimiento térmico** del edificio. Las soluciones varían en el tipo de materiales utilizados y en su capacidad para ofrecer un buen balance entre **coste** inicial y **eficiencia** a largo plazo.

A continuación, se detallan las características de cada opción, junto con su **precio estimado por metro cuadrado**, lo que facilitará la toma de decisiones en función de las **prioridades** del proyecto.

Tipo de Fachada	Aislamiento	Inercia	Precio (€/m²)
Entramado de Madera (H1)	Fibra Madera Medio	Baja	100 €/m²
Entramado de Madera (H2)	Fibra Madera Alto	Baja	115 €/m²
Fachada Doble Hoja (H3)	Lana Roca Medio	Media-Alta	95 €/m²
Fachada Doble Hoja (H4)	Lana Roca Alto	Media-Alta	100 €/m²
Fachada SATE con Termoarcilla (H5)	EPS Medio	Media-Alta	105 €/m²
Fachada SATE con Termoarcilla (H6)	EPS Alto	Media-Alta	120 €/m²

Composición capa a capa de Fachada Doble Hoja (H3)



Nota 1: El coste incluye el suministro y el montaje.
 Nota 2: En cuanto a aislamiento medio se considera una transmitancia global de 0,35 W/m2-K y a aislamiento alto de 0,2 W/m2-K.

7.4 Planteamiento y propuestas de mejora – Cubierta

A continuación, se presentan varias **soluciones de cubierta** optimizadas según distintos criterios de **aislamiento, inercia y coste**. Cada opción ha sido seleccionada para cumplir con las necesidades específicas de **eficiencia energética** del proyecto, considerando el impacto en el **rendimiento térmico** del edificio. Las soluciones varían en el tipo de materiales utilizados y en su capacidad para ofrecer un buen balance entre **coste** inicial y **eficiencia** a largo plazo.

A continuación, se detallan las características de cada opción, junto con su **precio estimado por metro cuadrado**, lo que facilitará la toma de decisiones en función de las **prioridades** del proyecto.

Tipo de Cubierta	Aislamiento	Inercia	Precio (€/m²)
Vegetal Extensiva (H1)	XPS Medio	Baja	160 €/m²
Vegetal Extensiva (H2)	XPS Alto	Baja	165 €/m²
Vegetal Extensiva (H3)	XPS Alto	Alta	165 €/m²
Invertida (H4)	XPS Medio	Baja	140 €/m²
Invertida (H5)	XPS Alto	Baja	155 €/m²
CLT (H6)	Algodón Medio	Media	150 €/m²
CLT (H7)	Algodón Alto	Media	165 €/m²

Composición capa a capa de Cubierta Invertida (H4)



Nota 1: El coste incluye el suministro y el montaje.
 Nota 2: En cuanto a aislamiento medio se considera una transmitancia global de 0,28 W/m2-K y a aislamiento alto de 0,16 W/m2-K.

7.5 Planteamiento y propuestas de mejora – Solera

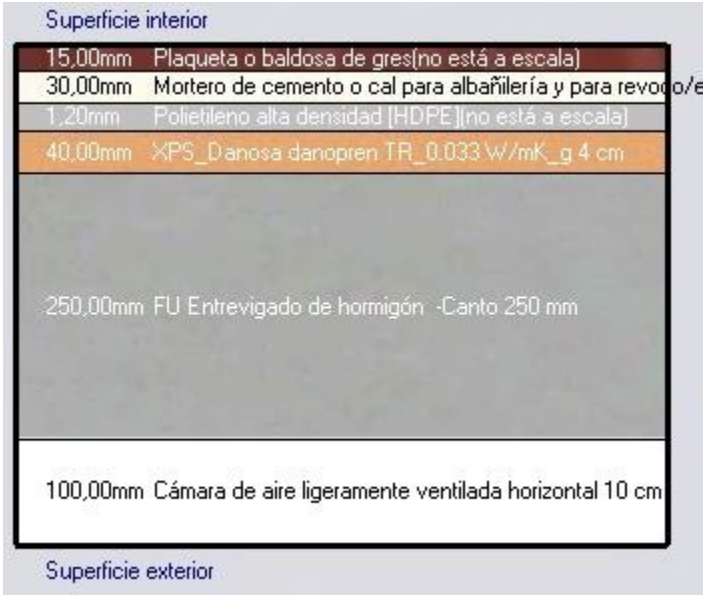
A continuación, se presentan varias **soluciones de solera** optimizadas según distintos criterios de **aislamiento, inercia y coste**. Cada opción ha sido seleccionada para cumplir con las necesidades específicas de **eficiencia energética** del proyecto, considerando el impacto en el **rendimiento térmico** del edificio. Las soluciones varían en el tipo de materiales utilizados y en su capacidad para ofrecer un buen balance entre **coste** inicial y **eficiencia** a largo plazo.

A continuación, se detallan las características de cada opción, junto con su **precio estimado por metro cuadrado**, lo que facilitará la toma de decisiones en función de las **prioridades** del proyecto.

Tipo de Solera	Aislamiento	Inercia	Precio (€/m²)
Forjado sanitario (H1)	XPS Bajo	Media	120 €/m²
Forjado sanitario (H2)	XPS Bajo	Alta	120 €/m²
Forjado sanitario (H3)	XPS Alto	Media	130 €/m²
Forjado sanitario (H4)	XPS Alto	Alta	130 €/m²

Nota 1: El coste incluye el suministro y el montaje.
Nota 2: En cuanto a aislamiento bajo se considera una transmitancia global de 0,57 W/m2-K y a aislamiento alto de 0,28 W/m2-K.

Composición capa a capa de Solera (H1)



7.6 Planteamiento y propuestas de mejora – Tabiquería

A continuación, se presentan varias **soluciones de tabiquería** optimizadas según distintos criterios de **aislamiento, inercia y coste**. Cada opción ha sido seleccionada para cumplir con las necesidades específicas de **eficiencia energética** del proyecto, considerando el impacto en el **rendimiento térmico** del edificio. Las soluciones varían en el tipo de materiales utilizados y en su capacidad para ofrecer un buen balance entre **coste** inicial y **eficiencia** a largo plazo.

A continuación, se detallan las características de cada opción, junto con su **precio estimado por metro cuadrado**, lo que facilitará la toma de decisiones en función de las **prioridades** del proyecto.

Tipo de Tabiquería	Aislamiento	Inercia	Precio (€/m²)
Pladur (H1)	Lana de vidrio Bajo	Baja	25 €/m²
Fábrica de ladrillo (H2)	Sin aislamiento	Baja - Media	28 €/m²
Fábrica de ladrillo (H3)	Lana de vidrio Bajo	Media	70 €/m²
Fábrica de ladrillo (H4)	Lana de vidrio Bajo	Media - Alta	75 €/m²
Fábrica de ladrillo (H5)	Lana de vidrio Bajo	Alta	80 €/m²

Nota 1: El coste incluye el suministro y el montaje.
 Nota 2: En cuanto a aislamiento bajo se considera un grosor de aislamiento de 5 cm.

Composición capa a capa de Tabiquería (H2)



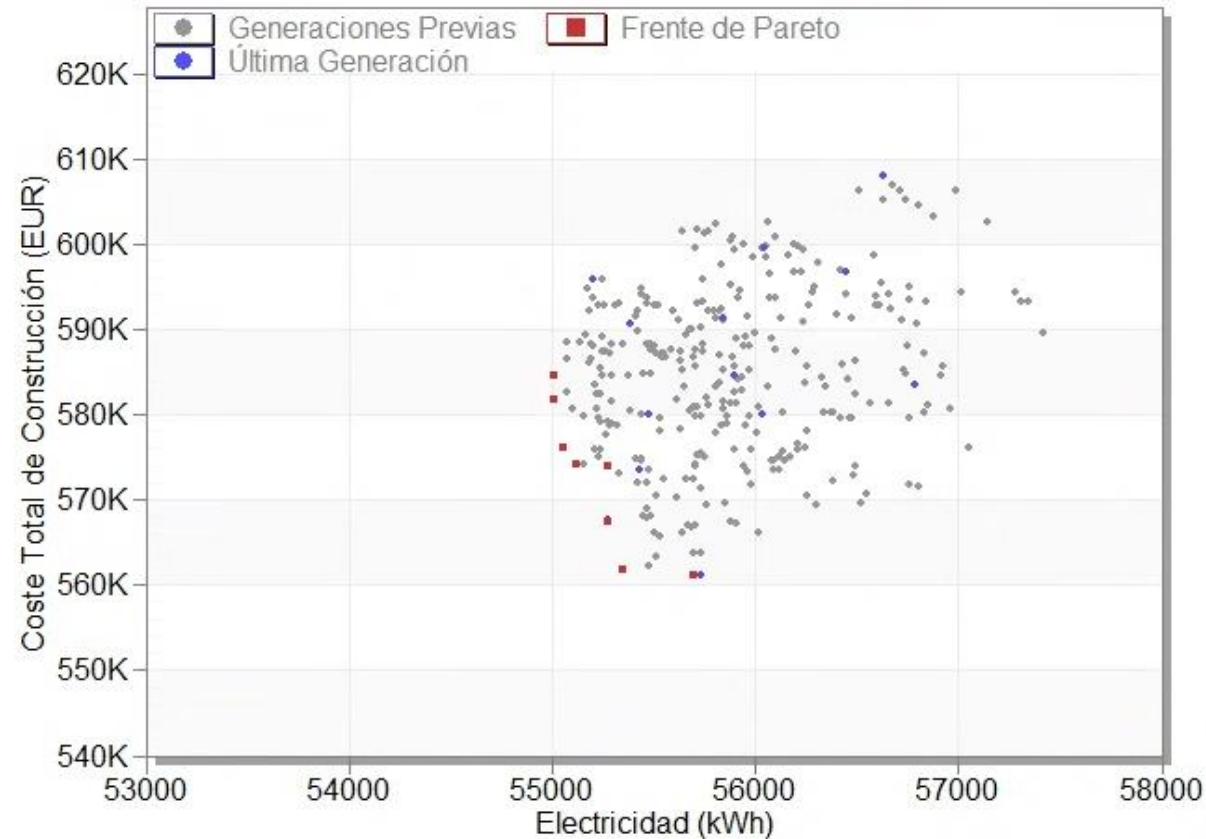
PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

RESULTADOS OPTIMIZACIÓN

8.1 Resultados Optimización

Para encontrar la envolvente térmica óptima para el edificio de análisis se ha utilizado el módulo de optimización de Design Builder. A continuación, se muestra la gráfica **Coste-Consumo Energético** con todas las soluciones óptimas encontradas (en rojo) durante el proceso de optimización.

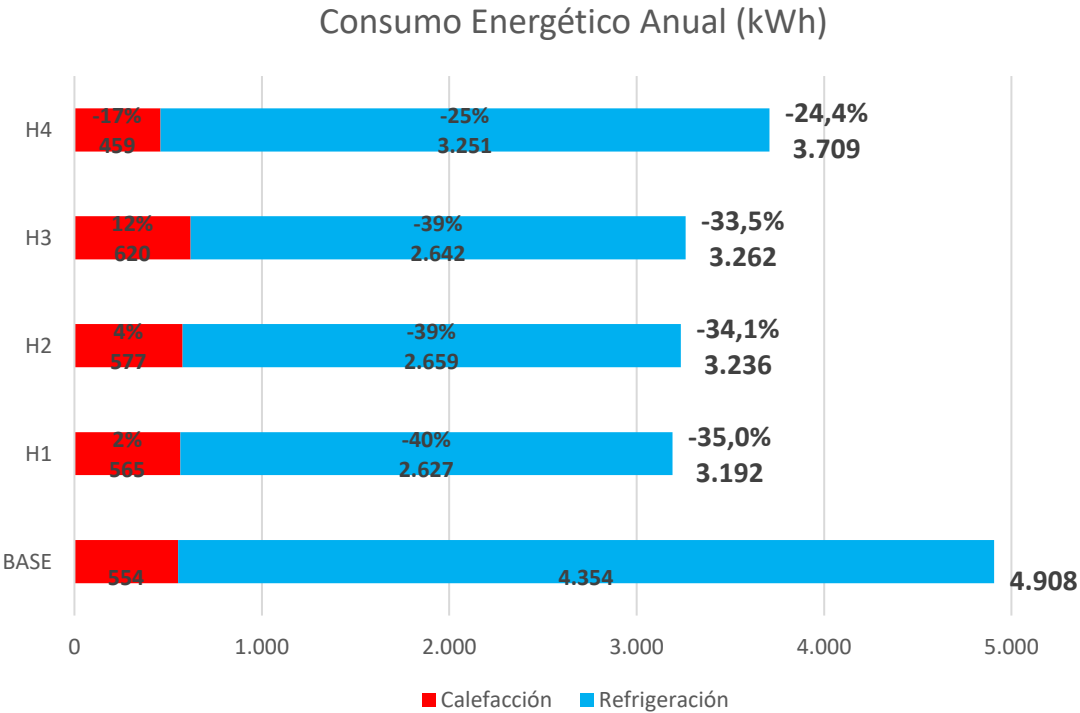


El módulo de Optimización utiliza algoritmos avanzados que funcionan de manera similar a la selección natural en la naturaleza. Básicamente, las mejores características de diseño se seleccionan y mejoran en cada paso del proceso. Este ciclo continúa hasta que se encuentra la solución óptima para el diseño.

En este caso, hemos escogido varias soluciones, considerando la que ofrece mayor ahorro energético, la que proporciona el mayor ahorro económico y algunas opciones intermedias.

8.2 Consumo Energético Anual

A continuación, se comparará el **consumo energético** utilizando diferentes propuestas de envolvente térmica con respecto a un caso base, de menor inercia, sin celosías, sin control solar en los vidrios y aislando mucho la solera.



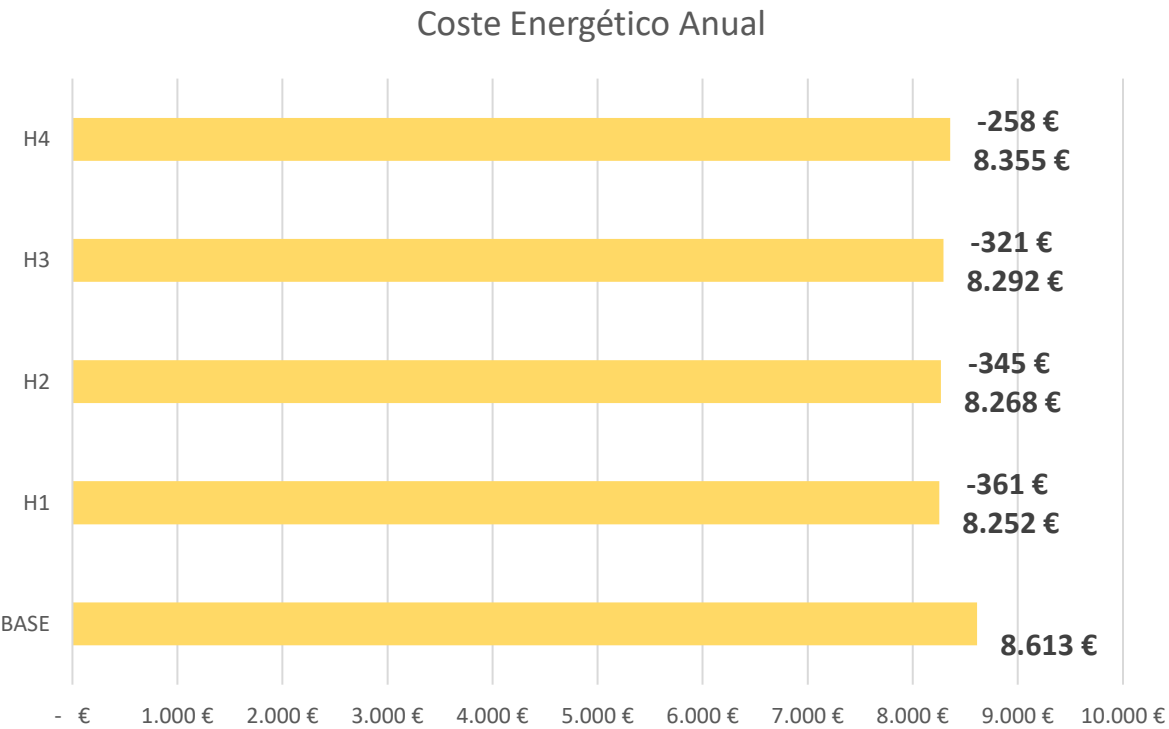
LEYENDA:

Prop.	Celosía	Cubierta	Vidrio	Fachada	Solera	Tabiquería
BASE	No	Vegetal, XPS medio, inercia baja (H1)	Sin control solar	Madera, fibra mad. medio, inercia baja (H1)	XPS alto, inercia media (H3)	Pladur, inercia baja (H1)
H1	Si	CLT, algodón medio, inercia media (H6)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia alta (H5)
H2	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia media (H3)
H3	Si	CLT, algodón medio, inercia alta (H7)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Pladur, inercia baja (H1)
H4	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia baja - media (H2)

- La **celosía** tiene un impacto significativo en la reducción del **consumo energético** del edificio.
- En la **fachada**, la solución más eficaz entre las opciones óptimas es la **doble hoja** con **aislamiento alto** y inercia media-alta.
- En la **solera**, las soluciones óptimas coinciden en emplear un **aislamiento bajo** y una **inercia alta**.
- A nivel de **vidrios**, todas las soluciones coinciden en utilizar **vidrios con bajo factor solar** para reducir la ganancia térmica.
- En la **cubierta**, el **aislamiento medio** ofrece un mejor rendimiento que uno alto.
- En la **tabiquería**, se recomienda una **inercia alta** para mejorar la eficiencia térmica.

8.3 Coste Energético Anual

A continuación, se comparará el **coste energético** utilizando diferentes propuestas de envolvente térmica con respecto a un caso base, de menor inercia, sin celosías, sin control solar en los vidrios y aislando mucho la solera.



Nota: Se ha considerado un coste de la energía de 0,15 €/kWh.

Todas las **propuestas de mejora** ofrecen un **ahorro energético** respecto al **caso base**. Es importante tener en cuenta que se están utilizando **instalaciones simplificadas** con **rendimientos estacionales** muy buenos, valores proporcionados por el fabricante bajo condiciones de **temperaturas exteriores suaves**.

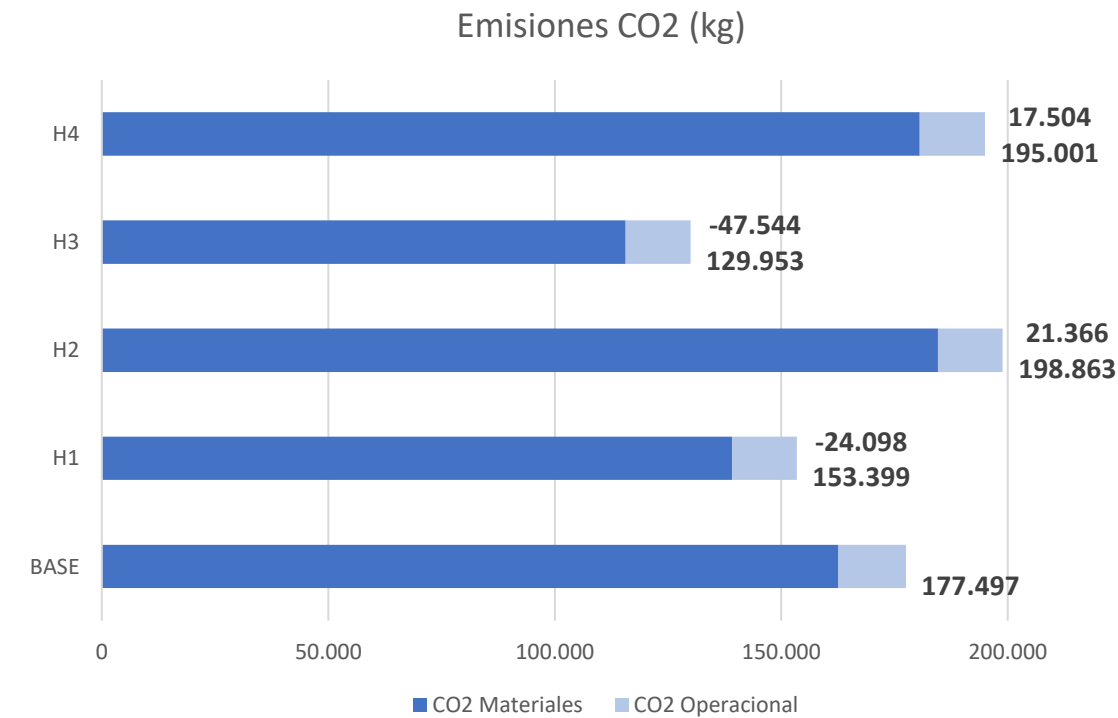
Por lo tanto, el **ahorro en el consumo energético** será aún mayor bajo **condiciones reales**.

LEYENDA:

Prop.	Celosía	Cubierta	Vidrio	Fachada	Solera	Tabiquería
BASE	No	Vegetal, XPS medio, inercia baja (H1)	Sin control solar	Madera, fibra mad. medio, inercia baja (H1)	XPS alto, inercia media (H3)	Pladur, inercia baja (H1)
H1	Si	CLT, algodón medio, inercia media (H6)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia alta (H5)
H2	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia media (H3)
H3	Si	CLT, algodón medio, inercia alta (H7)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Pladur, inercia baja (H1)
H4	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia baja - media (H2)

8.4 Emisiones CO2

A continuación, se compararan las **emisiones de CO2** (operacionales y de los materiales) utilizando diferentes propuestas de envolvente térmica con respecto a un caso base, de menor inercia, sin celosías, sin control solar en los vidrios y aislando mucho la solera.



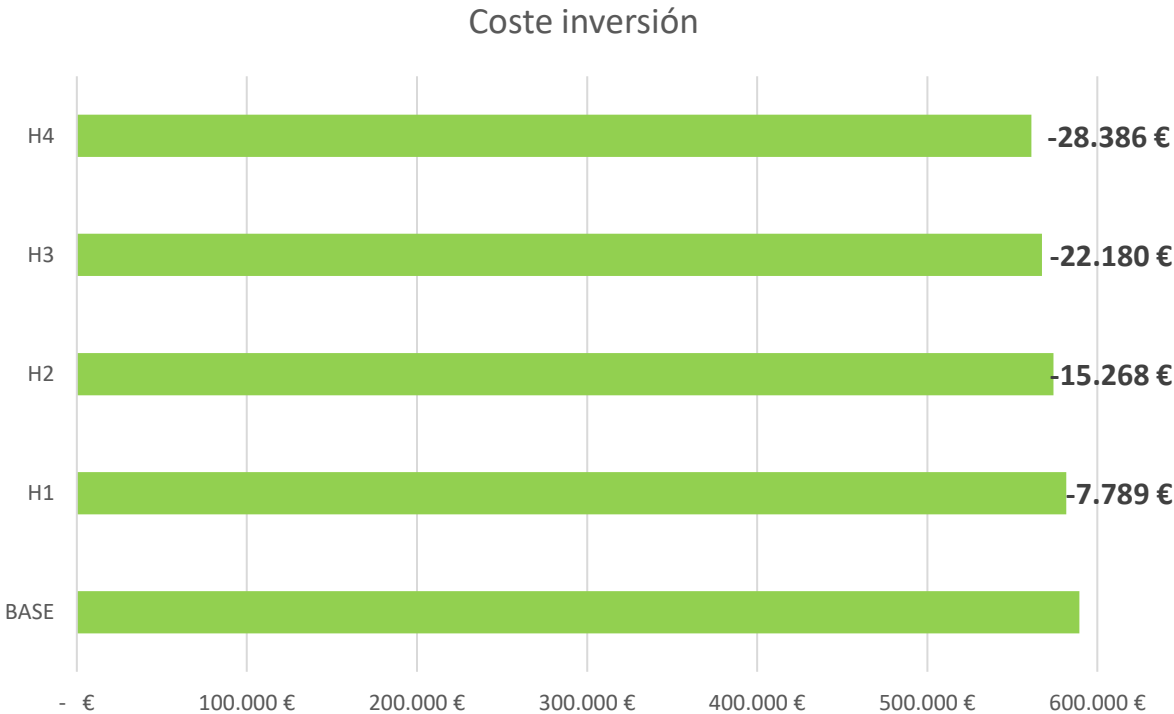
LEYENDA:

Prop.	Celosía	Cubierta	Vidrio	Fachada	Solera	Tabiquería
BASE	No	Vegetal, XPS medio, inercia baja (H1)	Sin control solar	Madera, fibra mad. medio, inercia baja (H1)	XPS alto, inercia media (H3)	Pladur, inercia baja (H1)
H1	Si	CLT, algodón medio, inercia media (H6)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia alta (H5)
H2	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia media (H3)
H3	Si	CLT, algodón medio, inercia alta (H7)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Pladur, inercia baja (H1)
H4	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia baja - media (H2)

Dentro de las soluciones óptimas, las propuestas H3 o H1 ofrecen ahorro en la inversión, ahorro energético y, además, reducción de las emisiones de CO2 totales respecto al caso base, al utilizar materiales de bajo CO2 embebido (como la madera).

8.5 Ahorro en la Inversión

En este análisis, se presenta el **sobrecoste en la inversión** asociado a cada **propuesta de mejora energética** en comparación con el **coste total estimado de construcción** del edificio. Es importante señalar que el coste de construcción utilizado es **aproximado** y puede variar, por lo que el principal objetivo de este estudio es resaltar el **impacto de las mejoras** propuestas en el aumento de la **inversión inicial**. Los resultados se enfocan en el sobrecoste directo generado, permitiendo una evaluación clara de las opciones más eficientes y rentables.



LEYENDA:

Prop.	Celosía	Cubierta	Vidrio	Fachada	Solera	Tabiquería
BASE	No	Vegetal, XPS medio, inercia baja (H1)	Sin control solar	Madera, fibra mad. medio, inercia baja (H1)	XPS alto, inercia media (H3)	Pladur, inercia baja (H1)
H1	Si	CLT, algodón medio, inercia media (H6)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia alta (H5)
H2	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia media (H3)
H3	Si	CLT, algodón medio, inercia alta (H7)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Pladur, inercia baja (H1)
H4	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia baja - media (H2)

Dentro de las soluciones óptimas, **la propuesta H3** es la que ofrece un mayor ahorro en la inversión, un buen ahorro energético y, además la mayor reducción de las emisiones de CO2 totales respecto al caso base, al utilizar materiales de bajo CO2 embebido (como la madera).

PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

ILUMINACIÓN NATURAL

8.6 Daylight

Se ha evaluado la **iluminación natural** en la urbanización con el fin de optimizar la entrada de luz solar y reducir la ganancia térmica. Se propone el uso de **celosías** como protección solar y **vidrios con bajo factor solar** para controlar el calor, sin sacrificar la luz natural.

Para medir la **calidad de la iluminación natural**, se ha utilizado la métrica **sDA (Autonomía Espacial de Luz Diurna)**. En el caso de **sDA300/50%**, se mide el porcentaje del espacio que recibe al menos 300 lux durante el 50% de las horas ocupadas al año, asegurando una iluminación adecuada y reduciendo la dependencia de la luz artificial.

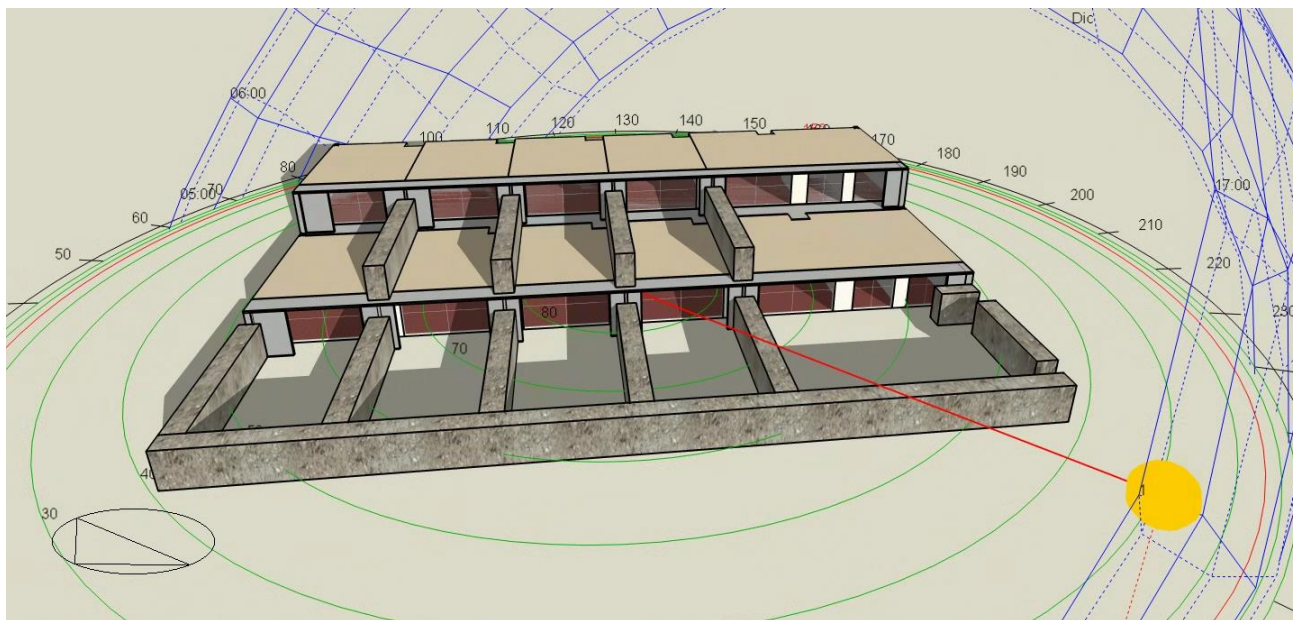
Referencia **LEED v4.1**:

- 1 punto: **Área sDA >40%**
- 2 puntos: **Área sDA >55%**
- 3 puntos (ejemplar): **Área sDA >75%**

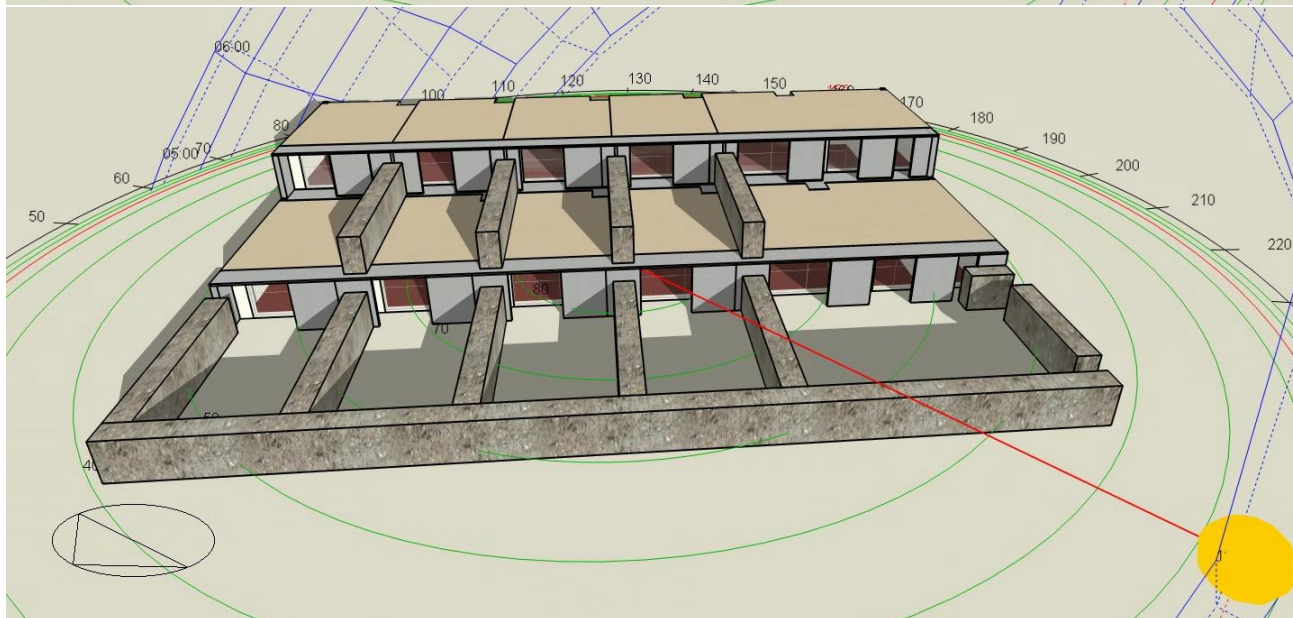
La combinación de estas soluciones optimiza la **eficiencia energética** y mejora el confort interior.

8.7 Daylight

Sin Celosías Móviles



Con Celosías Móviles



A continuación, se presenta la opción de utilizar una **celosía móvil**, un día de Julio a las 18h, para reducir la ganancia solar, minimizando la pérdida de visión hacia el exterior. Esta celosía se ha colocado **delante del muro cortina**, a modo de pantalla, y desplazada hacia la **derecha** de cada vivienda, siguiendo la **posición solar** en las horas de la tarde, a partir de las **16h**, cuando comienza la ganancia solar, **solo en verano**. Esta estrategia permite controlar la luz solar sin sacrificar las vistas exteriores.

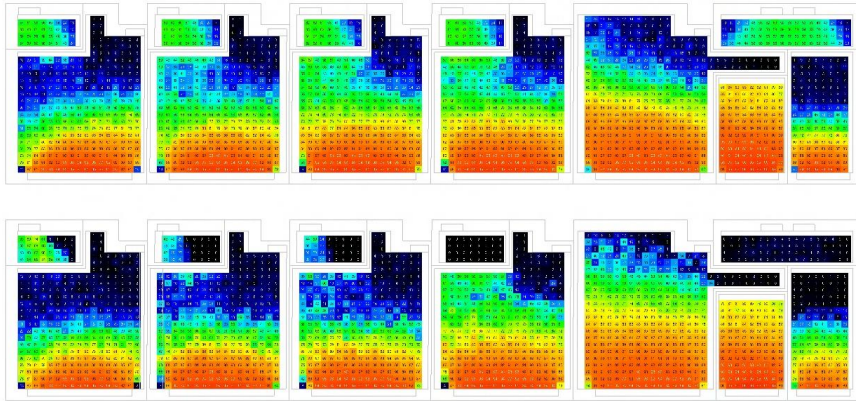
En invierno, la celosía podrá **escondirse**, ya que el sol no incidirá directamente en la fachada. Además, la celosía tendrá un **tono oscuro cerámico**, lo que también se ha integrado en el modelado para representar el diseño de manera precisa.

8.8 Daylight – PLANTA BAJA

A continuación, se presentan los resultados de la métrica sDA (Autonomía Espacial de Luz Diurna) para cuatro opciones diferentes, combinando protecciones solares y factor solar de las ventanas:

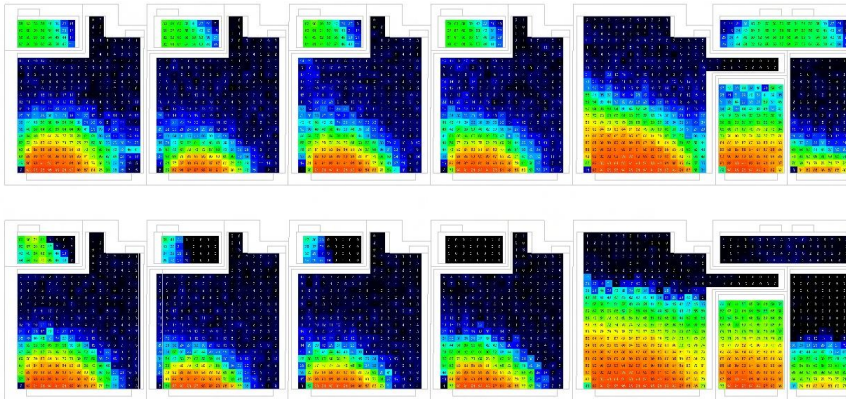
Sin Celosias y Vidrio Sin Control Solar

Área sDA 57% > 50% -> BUENO (2 pts)



Con Celosias y Vidrio Sin Control Solar

Área sDA 29% < 50% -> MEDIO (1 pts)

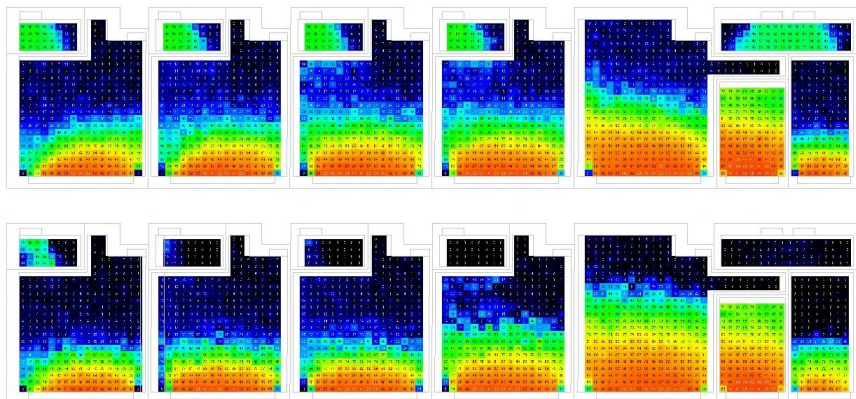


La **reducción de la iluminación natural** debido a las **celosías móviles** solo se dará en **verano** y a partir de las **16h**, cuando comienza la ganancia solar. El efecto combinado de las celosías con un **factor solar bajo en las ventanas** reduce considerablemente la iluminación natural, alcanzando un **sDA del 17%**.

Si se desea **conservar mayor iluminación natural**, se recomienda **no utilizar las celosías** y optar únicamente por **vidrios de bajo factor solar** en las ventanas. Esta opción resulta en un **sDA del 39%**, lo que permite mantener un buen nivel de luz natural sin comprometer demasiado el confort interior.

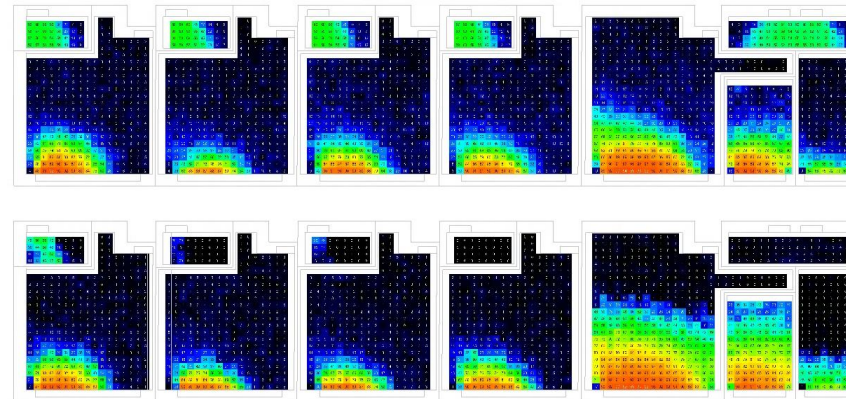
Sin Celosias y Vidrio Factor Solar Bajo

Área sDA 39% < 50% -> MEDIO (1 pts)



Con Celosias y Vidrio Factor Solar Bajo

Área sDA 17% < 50% -> MALO (0 pts)



% de Horas Anuales

0

8

16

25

33

41

50

58

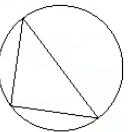
66

75

83

100

40

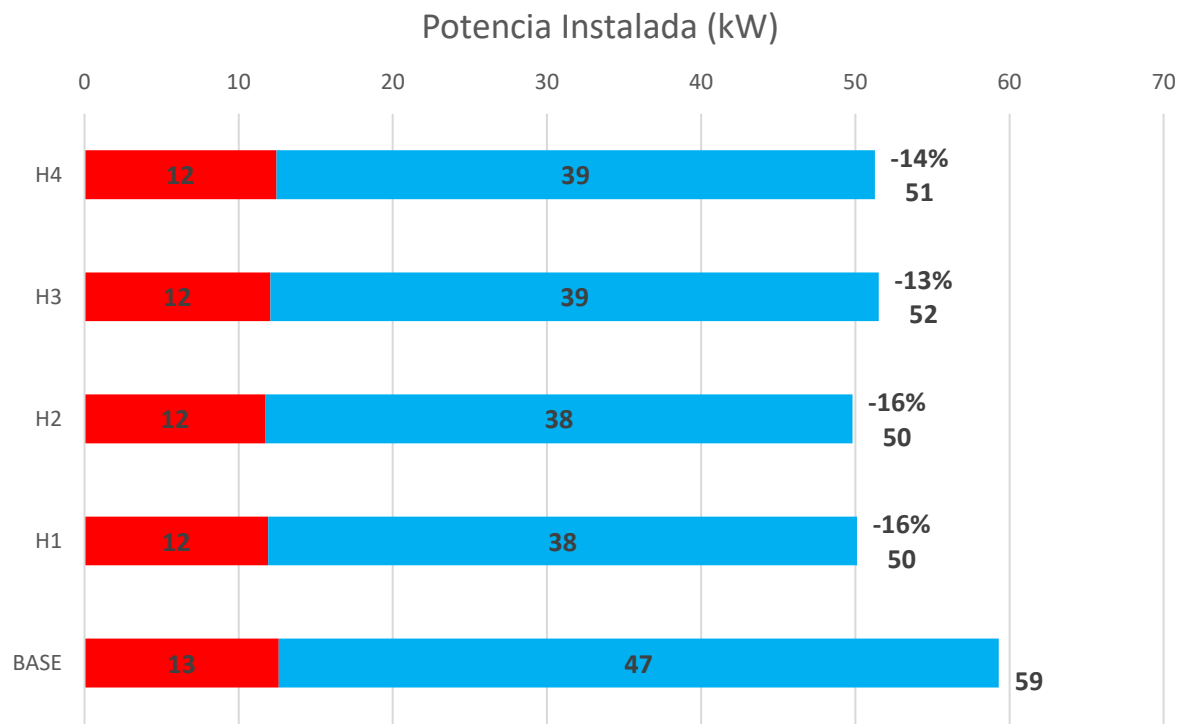


PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

CÁLCULO CARGAS TÉRMICAS

8.9 Potencia Instalada de Climatización

Es importante destacar que la modificación de la envolvente térmica en cada iteración tiene un impacto significativo en las cargas térmicas necesarias para climatizar los espacios. Por lo tanto, en esta tabla se ha registrado la variación de la **potencia instalada** según las propuestas de envolvente planteadas. El cálculo se ha realizado el día **más caluroso y más frío del año**.



LEYENDA:

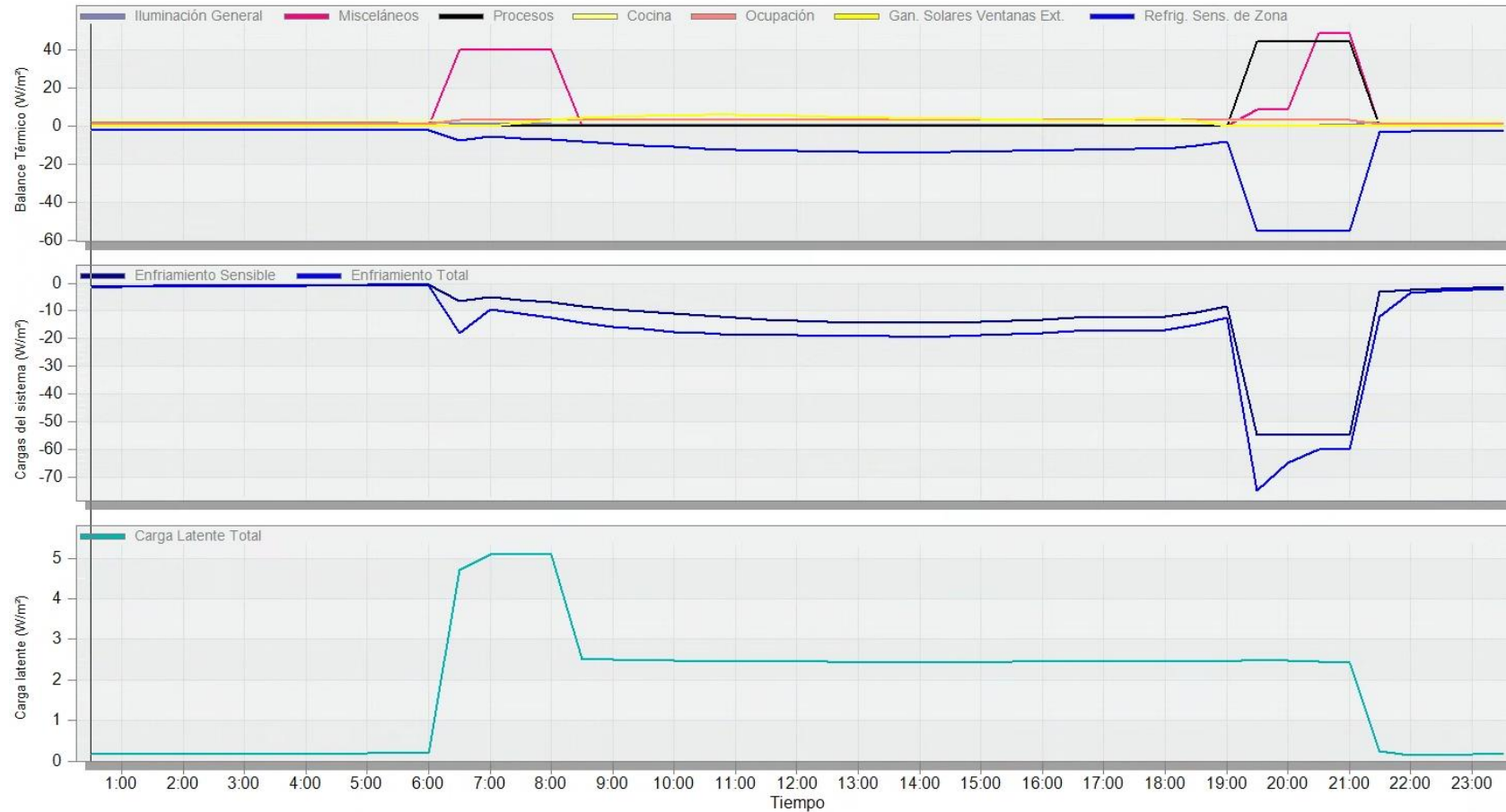
Prop.	Celosía	Cubierta	Vidrio	Fachada	Solera	Tabiquería
BASE	No	Vegetal, XPS medio, inercia baja (H1)	Sin control solar	Madera, fibra mad. medio, inercia baja (H1)	XPS alto, inercia media (H3)	Pladur, inercia baja (H1)
H1	Si	CLT, algodón medio, inercia media (H6)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia alta (H5)
H2	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia media (H3)
H3	Si	CLT, algodón medio, inercia alta (H7)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Pladur, inercia baja (H1)
H4	Si	Invertida, XPS medio, inercia baja (H4)	Factor solar bajo	Doble hoja, lana roca alto, inercia media-alta (H4)	XPS bajo, inercia alta (H2)	Fabrica ladr., inercia baja - media (H2)

Todas las propuestas de mejora logran una reducción de casi 10 kW en la potencia instalada, gracias a la disminución de la incidencia solar a través de las ventanas, una mayor disipación del calor interno mediante la solera y un incremento de la inercia térmica en los cerramientos.

NOTA: Cabe mencionar que en los cálculos de la simulación energética para el dimensionado de las instalaciones, no se ha considerado un factor de seguridad, se ha tenido en cuenta la ventilación mecánica y la recuperación de calor.

8.10 Ganancias Internas – H3

En este análisis, se evalúan las **ganancias térmicas** durante el día más caluroso del año, con la **propuesta de envolvente optimizada (H3)**, considerando la **ocupación de cada apartamento** y otros factores internos. El objetivo es entender cómo influyen las características del cerramiento y la ocupación en la potencia térmica necesaria y por qué las celosías no tienen un impacto relevante en este contexto.



- **Pico de Potencia a las 19h:** El pico de potencia térmica se produce alrededor de las 19h, debido a las cargas internas generadas por la ocupación, los equipos eléctricos y la actividad de cocinar.
- **Impacto de las Celosías:** Las celosías no tienen un impacto relevante en la potencia instalada, ya que la principal carga térmica proviene de factores internos y no de la radiación solar directa.

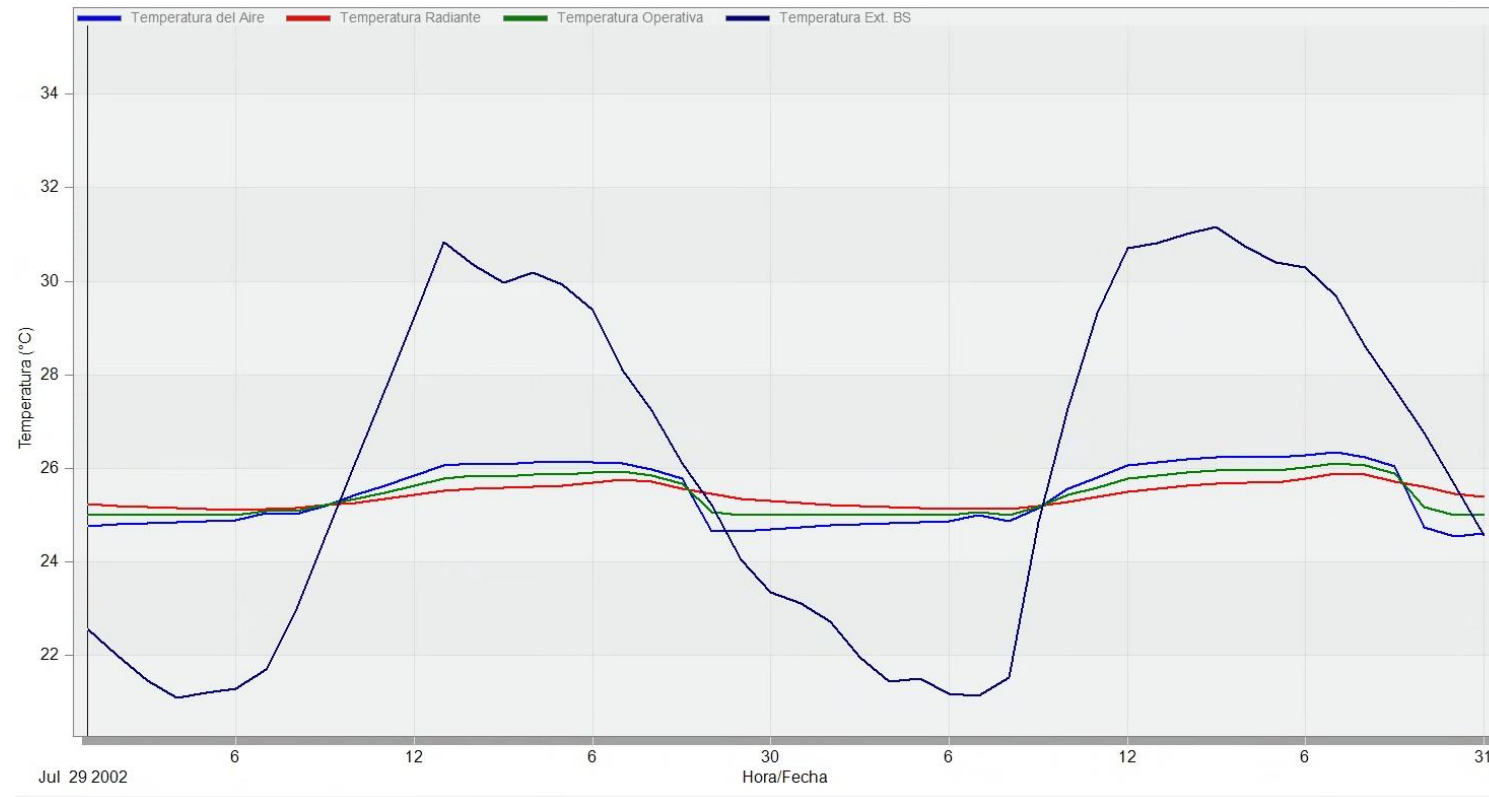
PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA

VENTILACIÓN NATURAL

8.11 Ventilación Natural Nocturna – Semana Extrema Verano

Se ha analizado el espacio del dormitorio de la vivienda estándar para evaluar si tiene sentido implementar la ventilación natural nocturna en verano, durante la semana extrema de calor (del 29 de julio al 4 de agosto). En el gráfico se puede observar que, a partir de las 23 h, la temperatura desciende por debajo de los 24°C hasta las 09 h de la mañana. Este comportamiento se repite de igual manera en los lofts, con la ventaja de que, si se abre la puerta de entrada y una ventana fija en el lateral opuesto, se producirá ventilación cruzada, mejorando la eficacia de la refrigeración natural.

En el caso de la vivienda estándar, la ventilación natural nocturna deberá realizarse a través del recuperador de calor, ya que no dispone de una buena ventilación cruzada.



PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA



INSTALACIONES

8.12 Instalaciones

Tras la optimización de la envolvente y la reducción de la demanda energética, se consideran las siguientes opciones de **instalaciones eficientes** para el proyecto. No obstante, deberán estudiarse con más precisión en las fases siguientes para comprobar su **aplicabilidad**:

Sistemas de calefacción y refrigeración eficientes:

- Geotermia Centralizada: Utiliza el subsuelo como fuente de energía, ofreciendo alta eficiencia energética durante todo el año, con un bajo consumo y constante disponibilidad, independientemente de las condiciones climáticas externas.
- Aerotermia Individualizada: Se basa en la energía del aire exterior, siendo eficiente en climas templados, pero puede perder eficiencia en condiciones extremas, lo que puede afectar su rendimiento en áreas apartadas.

Mantenimiento y fiabilidad:

- Geotermia Centralizada: Requiere menos mantenimiento y tiene una vida útil más larga. Al ser un sistema centralizado, reduce la necesidad de múltiples equipos individuales, optimizando recursos.
- Aerotermia Individualizada: Cada apartamento tiene un sistema independiente, lo que implica más componentes que requieren mantenimiento y pueden ser más propensos a fallos.

Ahorro energético y costes operativos:

- Geotermia Centralizada: Aunque la inversión inicial es más alta, ofrece un ahorro significativo en los costes operativos a largo plazo debido a su alta eficiencia.
- Aerotermia Individualizada: Requiere una inversión menor en comparación, pero los costes operativos pueden ser más altos debido a la menor eficiencia energética en climas cálidos y en un entorno aislado.

Impacto ambiental y sostenibilidad:

Ambos sistemas aprovechan fuentes de energía renovable, pero la geotermia tiene la ventaja de ofrecer un impacto ambiental menor a largo plazo, ya que no depende de la temperatura exterior y es más constante en su rendimiento.

Optimización de recursos:

- Geotermia Centralizada: Un sistema centralizado gestiona la energía de manera eficiente para toda la urbanización, reduciendo la necesidad de múltiples unidades y optimizando el espacio.
- Aerotermia Individualizada: Requiere la instalación de unidades individuales en cada apartamento, lo que puede llevar a una menor optimización de recursos y mayor ocupación de espacio.

PARTE 8 – DIAGNÓSTICO Y PROPUESTAS DE MEJORA



GENERACIÓN RENOVABLE

8.13 Generación Renovable

Antes de enfocarnos en la generación de energía, es fundamental reducir al máximo la demanda energética del edificio. Esto se logra mediante:

- Diseño eficiente de la envolvente térmica.
- Instalaciones de climatización de bajo consumo y alta eficiencia.

Una vez optimizada la demanda, la solución más adecuada para cubrir el resto de las necesidades energéticas de la urbanización es el uso de **energía renovable**. En este caso, la **energía solar fotovoltaica** es la opción más eficiente y rentable para esta climatología.

Ventajas:

- Alto rendimiento: El emplazamiento disfruta de más de 2,800 horas de sol al año, lo que convierte a la energía fotovoltaica en una de las fuentes más eficaces.
- Bajo mantenimiento: Los paneles solares tienen una vida útil de entre 25 y 30 años, y requieren muy poco mantenimiento.
- Escalabilidad: Se pueden instalar desde pequeñas instalaciones en viviendas individuales hasta grandes sistemas para abastecer a toda la urbanización.

Aplicaciones:

- Generación de electricidad: Los paneles solares pueden generar la electricidad necesaria para las viviendas, áreas comunes, y servicios públicos de la urbanización.
- Autoconsumo: Permite a los residentes reducir su factura eléctrica al generar parte de la energía que consumen.
- Baterías de almacenamiento (opcional): Para maximizar el aprovechamiento de la energía solar, se pueden incluir sistemas de almacenamiento para utilizar la energía en horas nocturnas o en días nublados.

Impacto Ambiental:

- Reducción de emisiones: Al ser una fuente de energía limpia, la fotovoltaica ayuda a reducir la huella de carbono de la urbanización.
- Sostenibilidad a largo plazo: Contribuye a la transición hacia un modelo energético más sostenible y autosuficiente.

CONCLUSIONES

La simulación energética ha revelado las siguientes conclusiones:

- **Celosía:** Contribuye significativamente a la reducción del consumo energético al regular la radiación solar directa.
- **Fachada:** La opción más eficaz es la doble hoja con alto aislamiento y inercia media-alta.
- **Solera:** Se recomienda aislamiento bajo y alta inercia para mejorar la estabilidad térmica.
- **Vidrios:** Todos los sistemas deben usar vidrios con bajo factor solar para reducir la ganancia térmica.
- **Orientación solar:** El sol solo incide en la fachada principal durante el verano, a partir de las 16 h.
- **Propuesta H3:** Ofrece el mayor ahorro en inversión y energía, además de una significativa reducción de CO₂ gracias al uso de materiales de bajo CO₂ embebido como la madera.
- **Celosía en invierno:** Puede retirarse en invierno, ya que no hay incidencia directa del sol.
- **Potencia instalada:** Las soluciones reducen cerca de 10 kW en potencia instalada. Las celosías no tienen un impacto relevante, ya que la carga térmica principal proviene de factores internos.
- **Ventilación natural:** En la vivienda estándar, la ventilación nocturna será más efectiva a través del recuperador de calor, debido a la falta de buena ventilación cruzada. En los lofts, la ventilación cruzada (con la puerta y ventana opuesta abiertas) mejora la eficacia de la refrigeración natural, especialmente durante las noches de calor extremo (29 de julio - 4 de agosto), cuando la temperatura desciende por debajo de los 24°C.
- No obstante, para determinar los parámetros de los diferentes sistemas del edificio con mayor precisión **deberán estudiarse de manera específica en una siguiente fase** de análisis de mejoras.

SIGUIENTES PASOS

Análisis detallado de cerramientos

- Estudio capa a capa de cada cerramiento propuesto (fachadas, soleras, etc.).
- Evaluación de la composición de materiales y su rendimiento energético.
- Cálculo del coste económico detallado de cada solución.

Análisis de distribuciones de apartamentos

- Evaluación de las diferentes distribuciones propuestas por el equipo de diseño.
- Búsqueda de la envolvente óptima para cada distribución, considerando la orientación, el uso de la celosía, y otros elementos.

Evaluación coste-beneficio

- Comparación de las soluciones propuestas en función de su coste inicial, ahorro energético y reducción de emisiones.
- Determinación de la mejor relación coste-beneficio para cada solución y distribución.

Evalore

