



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de  
Edificación

PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN EDIFICIO DE VIVIENDA Y  
RESTAURANTE CON TECNOLOGÍA BIM

Trabajo Fin de Grado

Grado en Arquitectura Técnica

AUTOR/A: Navarro Sonlleva, Antonio

Tutor/a: Oliver Faubel, Inmaculada

Cotutor/a: Fuentes Giner, María Begoña

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## Resumen

El proyecto en cuestión tiene como objetivo aplicar la tecnología BIM a una simulación de un caso real en el que se proponen diversas soluciones constructivas a un cliente para la mejora de la eficiencia energética de una edificación y así comprobar las facilidades que aportan las posibles herramientas para la realización de análisis energéticos.

Esta edificación es una alquería de la zona sur de Valencia, situada en Carrera de la Font d'en Corts, que fue construida en 1910 y a la que posteriormente se le adosaron dos naves. Su uso original de residencia se mantiene hasta la actualidad, pero en el pasado año 2021 se hizo una propuesta de cambio de uso. Esta proposición consiste en reconvertir la planta baja de la edificación en un restaurante con cocina y zona de bar, además de una terraza exterior y un aparcamiento. Por otro lado, el uso de la planta superior se ha mantenido como vivienda y se ha adecuado a las necesidades actuales manteniéndose como una unidad independiente de la zona de restauración.

Para obtener las diversas soluciones primero se realizará el modelado de la edificación teniendo en cuenta la propuesta nombrada anteriormente mediante el uso de tecnología BIM a través del programa Revit de Autodesk. Mediante este modelado se va a estudiar el empleo de diferentes soluciones constructivas de la envolvente para comprobar sus efectos en la demanda energética. Todo ello a partir de la solución de distribución y diseño con la que ya cuenta el cliente y que ha sido aprobada por él. Para ello se utilizarán diversos softwares BIM de simulación energética. Una vez obtenidas las diferentes soluciones

constructivas se seleccionará la opción óptima desde una perspectiva energética.

Mi interés en la tecnología y metodología BIM surge después de haber tenido conocimiento de las mismas en varias asignaturas del Grado en Arquitectura Técnica como Proyectos I y Gestión Integral del Proceso. Mi motivación para continuar mi formación en esta tecnología y utilizarla en este proyecto viene de la información que me ha llegado sobre de las ventajas que supone su uso frente a los métodos tradicionales. Las primeras ventajas que captaron mi atención son, por una parte, la posibilidad de visualizar los resultados finales que se consiguen; la facilidad de interpretación de estos resultados para los clientes; y, por último, la esperada optimización de tiempo de trabajo gracias a la posibilidad de realización de ajustes necesarios en fases tempranas del proyecto.

**Palabras clave:** BIM, REVIT, MEP, Alquilería, Modelado, Eficiencia energética.

## Abstract

The aim of this project is to apply BIM technology to the simulation of a real case, in which various construction solutions are proposed to a client to improve the energy efficiency of a building, and to assess the capabilities that available tools offer for conducting energy analysis.

The building in question is a farmhouse in the southern region of Valencia, situated in Carrera de la Font d'en Corts. It was built in 1910 and later on two buildings were added on to the initial construction. Its original use as a residential house was maintained till the present, but in 2021 there was a change of use proposal. This proposal consists of repurposing the ground floor of the house into a restaurant with a bar and kitchen in the added buildings. It will also have an exterior terrace and parking. On the other hand, the use of the first floor has been maintained as residential and has been modified to cover the current needs while still being an independent unit from the restaurant area.

To obtain the different solutions for this project, I will first do a building modelling taking into account the previous proposal mentioned before using BIM technology, Revit from Autodesk in specific. Through this modeling I am going to analyze the use of different construction solutions for the house envelope to test their effect on energy demand. This will all be based on the solution for distribution and design that the client already has approved.

Different BIM energy simulation software will be used to do this. Once I obtain the different construction solutions I will select the optimal option based on an energetic perspective.

My interest in BIM technology and methodology originates after having learned about them in several subjects of the Degree in Technical Architecture such as “Proyectos I” and “Gestión Integral del Proceso”. My motivation to continue my training in this technology and use it in this project comes from the information that has come to me about the advantages of its use compared to traditional methods. The first benefits that caught my attention are, on the one hand, the possibility of visualizing the final results that are achieved; the ease of interpreting these results for clients; and, finally, the expected optimization of working time thanks to the possibility of making the necessary adjustments in the early phases of the project.

Keywords: BIM, REVIT, MEP, Farmhouse, Modelling, Energy efficiency.

## Resum

El projecte en qüestió té com a objectiu aplicar la tecnologia BIM a la simulació d'un cas real en què es proposen diverses solucions constructives a un client per a millorar l'eficiència energètica d'una edificació i, així, comprovar les facilitats que aporten les eines disponibles per a la realització d'anàlisis energètics.

Aquesta edificació és una alqueria de la zona sud de València, situada a Carrera de la Font d'en Corts, que va ser construïda el 1910 i a la qual posteriorment se li van adossar dues naus. El seu ús original de residència es manté fins a l'actualitat, però l'any 2021 es va fer una proposta de canvi d'ús. Aquesta proposició consisteix a reconvertir la planta baixa de l'edificació en un restaurant amb cuina i zona de bar, a més d'una terrassa exterior i un aparcament. D'altra banda, l'ús de la planta superior s'ha mantingut com a habitatge i s'ha adequat a les necessitats actuals mantenint-se com a unitat independent de la zona de restauració.

Per obtenir les diverses solucions primer es realitzarà el modelatge de l'edificació tenint en compte la proposta anomenada anteriorment mitjançant l'ús de tecnologia BIM a través del programa Revit d'Autodesk. Mitjançant aquest modelatge s'estudiarà l'ús de diferents solucions constructives per als tancaments per comprovar-ne els efectes en la demanda energètica. Tot això a partir de la solució de distribució i disseny amb què ja compta el client i que ha estat aprovada per ell. Per això s'utilitzaran diversos programes BIM de simulació energètica. Una vegada obtingudes les diferents solucions constructives, se seleccionarà l'opció òptima des d'una perspectiva energètica.

El meu interès en la tecnologia i metodologia BIM sorgeix després d'haver-ne tingut coneixement en diverses assignatures del Grau en Arquitectura Tècnica com Projectes I i Gestió Integral del Procés. La meua motivació per continuar la meua formació en aquesta tecnologia i utilitzar-la en aquest projecte ve de la informació que m'ha arribat sobre els avantatges que suposa el seu ús davant dels mètodes tradicionals. Els primers avantatges que van captar la meua atenció són, per una banda, la possibilitat de visualitzar els resultats finals que s'aconsegueixen; la facilitat d'interpretació d'aquests resultats per als clients; i, finalment, l'esperada optimització de temps de treball gràcies a la possibilitat de fer ajustaments necessaris en fases primerenques del projecte.

Paraules clau: BIM, REVIT, MEP, Alquileria, Modelatge, Eficiència energètica.

## Agradecimientos

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado y guiado durante la realización de este proyecto.

En primer lugar, quiero agradecer a Inmaculada Oliver Faubel, mi tutora de proyecto, por su invaluable orientación, paciencia y continuo apoyo a lo largo de todo este proceso. Sus sugerencias y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo y éxito de este trabajo.

También me gustaría dar las gracias al equipo docente, por su dedicación y esfuerzo en mi formación como arquitecto técnico.

Agradezco a mis compañeros de clase y a todos mis amigos, a los viejos y a los nuevos, por los momentos compartidos y por el constante ánimo, tanto en los momentos difíciles como en los logros alcanzados.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi familia, por su apoyo incondicional y por brindarme la seguridad que necesitaba para superar cada reto.

A todos ellos, muchas gracias.

## Acrónimos utilizados

**BIM:** Building Information Modeling

**CAD:** Computer Aided Design / Diseño Asistido por Ordenador

**IFC:** Industry Foundation Classes

**HVAC:** Heating, ventilation and air conditioning

**COBie:** Construction Operations Building Information Exchange

**CTE:** Código Técnico de la Edificación

**HULC:** Herramienta Unificada LIDER-CALENER

**gbXML:** Green Building XML

# Índice

Resumen .....	1
Agradecimientos.....	7
Acrónimos utilizados .....	8
Índice .....	9
Capítulo 1. Introducción .....	11
1.1    Objeto y alcance.....	11
1.2    Objetivos .....	12
1.3    Metodología.....	12
1.4    BIM .....	13
Capítulo 2. BIM y Eficiencia Energética .....	16
1.1    Eficiencia energética .....	16
1.2    Softwares .....	18
Capítulo 3. Proyecto .....	32
1.1    Introducción .....	32
1.2    Descripción del edificio .....	33
1.3    Memoria constructiva .....	35
Capítulo 4. Desarrollo .....	39
1.1    Modelado del edificio .....	39
1.2    Propuestas de mejora .....	55

Capítulo 5. Conclusiones .....	60
Referencias Bibliográficas.....	63
Índice de Figuras.....	64
Anexos .....	66

# Capítulo 1.

## Introducción

### 1.1 Objeto y alcance

El presente trabajo final de grado tiene como objeto aplicar la tecnología BIM (Building Information Modeling) a una simulación, comprobando así las facilidades que aportan sus herramientas para la realización de análisis energéticos.

Para eso se pretende simular un caso real donde se proponen diversas soluciones constructivas a un cliente para la mejora de la eficiencia energética de una edificación. A su vez se estudiarán los diferentes softwares de simulación energética y su conexión con los modelados de aplicaciones como Revit.

Mi interés por este estudio viene de la observación de que en la actualidad se siguen usando programas más convencionales para las simulaciones energéticas de proyectos. Estas aplicaciones necesitan de la repetición de datos ya introducidos anteriormente en estos proyectos. Con el uso de la tecnología BIM se pretende optimizar el proceso de trabajo reduciendo la duplicidad de pasos.

## 1.2 Objetivos

### *Objetivo principal*

El objetivo de este proyecto es poner a prueba Revit, un software BIM desarrollado por Autodesk que facilita el diseño arquitectónico, el análisis y la documentación de edificios y estructuras en un entorno 3D. Se analizarán sus cualidades y se determinarán sus posibles usos en el ámbito de la eficiencia energética.

### *Objetivos operativos*

1. Buscar información sobre diferentes aplicaciones especializadas en análisis de eficiencia energética y sus usos con herramientas de BIM.
2. Estudiar la información obtenida, comparando las distintas opciones y escoger la más útil.
3. Aplicar los conceptos aprendidos y usar el software elegido sobre la simulación.
4. Analizar los resultados obtenidos con la aplicación.
5. Contrastar los resultados con otras metodologías de trabajo más convencionales.
6. Elaborar una conclusión sobre los datos obtenidos.

## 1.3 Metodología

Para abordar el análisis de eficiencia energética en el proyecto, se seguirá una metodología estructurada que abarca varios pasos. Inicialmente, se llevará a cabo una exhaustiva investigación sobre diversas aplicaciones especializadas en análisis de eficiencia energética y su integración con herramientas BIM. Esta fase implica la revisión de literatura técnica,

estudios de casos y recursos en línea relevantes para identificar las opciones disponibles.

Posteriormente, se analizará y comparará la información recopilada para seleccionar la aplicación más adecuada. Se considerarán criterios como funcionalidades, facilidad de uso, precisión de los resultados y compatibilidad con el enfoque BIM. La aplicación seleccionada se implementará en la simulación de eficiencia energética, utilizando los modelos desarrollados mediante la metodología BIM.

Finalmente, se compararán los resultados obtenidos con otras metodologías de trabajo más convencionales en el análisis de eficiencia energética. Se evaluarán las ventajas y desventajas de cada enfoque, identificando las áreas en las que la metodología BIM pueda ofrecer mejoras significativas en términos de precisión, eficiencia y optimización del proceso de diseño y construcción del edificio.

## 1.4 BIM

### *¿Qué es BIM?*

El BIM es una metodología digital multidimensional que facilita la gestión colaborativa de un proyecto de construcción a lo largo de todo su ciclo de vida. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo digital compartido por todos los agentes involucrados, desde arquitectos e ingenieros hasta diseñadores, propietarios, constructores y especialistas. Esta metodología permite el trabajo en equipo y en tiempo real, desde la fase de diseño hasta la demolición de la construcción, logrando una comunicación dinámica y colaborativa.

El BIM implica la generación y gestión de datos de un edificio utilizando softwares de modelado tridimensional y en tiempo real. Este proceso produce un modelo de información del edificio que incluye la geometría, las relaciones espaciales, la información geográfica, así como las cantidades y propiedades de sus componentes. La metodología BIM permite obtener cálculos precisos sobre los materiales a utilizar en la construcción, detallando la cantidad necesaria, características, costes y eficiencia energética.

Al trabajar todas las partes del proyecto sobre un mismo modelo, los cambios se actualizan en tiempo real, lo que resulta en la optimización de procesos, costes y tiempos, además de mejorar la calidad y eficacia de los resultados. A diferencia del proceso de construcción tradicional, donde un error manual puede significar comenzar de nuevo, BIM permite prever y corregir errores antes de la ejecución de la obra, optimizando tiempos y reduciendo costes.

### *Interoperabilidad*

La interoperabilidad en BIM se refiere a la capacidad de diferentes sistemas, aplicaciones y herramientas de software para comunicarse, intercambiar datos y trabajar juntos de manera eficiente. En el contexto de BIM, la interoperabilidad es crucial porque un proyecto de construcción suele involucrar a múltiples disciplinas (arquitectura, ingeniería, construcción, gestión de instalaciones, etc.) y cada una de ellas puede utilizar diferentes programas.

Para que la metodología BIM sea efectiva, es esencial que estos programas puedan compartir información sin pérdida de datos y sin necesidad de una recreación manual. La interoperabilidad en BIM permite:

- Colaboración eficiente: Diferentes equipos pueden trabajar en distintas partes del proyecto simultáneamente y sincronizar sus datos en un modelo único y coherente.
- Estandarización: Uso de estándares abiertos como IFC (Industry Foundation Classes) y COBie (Construction Operations Building Information Exchange) que facilitan el intercambio de información entre diferentes plataformas de software.
- Reducción de errores: Minimiza los errores y las inconsistencias que pueden surgir al transferir datos entre distintas aplicaciones, mejorando la precisión y la fiabilidad del modelo BIM.
- Ahorro de tiempo y costes: Al permitir una integración fluida entre diferentes herramientas, se reduce el tiempo necesario para convertir y reintroducir datos, lo que ahorra costes y recursos.
- Mejora de la calidad del proyecto: Facilita la revisión y coordinación del proyecto, permitiendo identificar y resolver problemas potenciales antes de la construcción, lo que mejora la calidad final del proyecto.

En resumen, la interoperabilidad en BIM es fundamental para asegurar que todos los actores involucrados en un proyecto de construcción puedan trabajar juntos de manera eficiente y efectiva, compartiendo información precisa y actualizada a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio.

# Capítulo 2.

## BIM y Eficiencia Energética

### 1.1 Eficiencia energética

La eficiencia energética en la mejora de edificios ya construidos es crucial para reducir el consumo de energía. En este contexto, la eficiencia energética implica la implementación de estrategias que optimicen el uso de energía.

La integración de tecnología BIM es particularmente beneficiosa en este proceso. BIM permite crear un modelo digital del edificio existente, que puede incluir información detallada sobre los materiales, las estructuras y los sistemas de instalaciones. Este modelo digital facilita la simulación de diferentes escenarios de mejora y la evaluación de su impacto energético.

Las mejoras en la envolvente térmica del edificio son fundamentales. Esto puede incluir la adición de aislamiento térmico en las paredes, techos y suelos, así como la sustitución de ventanas y puertas por otras de alto rendimiento energético. Estas acciones pueden reducir significativamente las pérdidas de calor en invierno y el sobrecalentamiento en verano, mejorando el confort térmico interior y reduciendo la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración.

Los sistemas de climatización también son un área clave de intervención. La actualización o sustitución de sistemas HVAC (calefacción, ventilación

y aire acondicionado) antiguos por otros más eficientes y controlables puede resultar en ahorros significativos de energía. Además, la instalación de sistemas de ventilación mecánica controlada puede mejorar la calidad del aire interior y reducir el consumo energético.

La iluminación es otro aspecto importante a considerar. La sustitución de las luminarias convencionales por tecnología LED, junto con la implementación de sistemas de control de iluminación, puede reducir el consumo de electricidad y mejorar la eficiencia energética del edificio.

El uso de softwares de simulación energética compatible con BIM, como Green Building Studio, Insight o DesignBuilder, permite evaluar y comparar las distintas propuestas de mejora. Estas herramientas proporcionan datos precisos sobre el consumo energético y el rendimiento de los sistemas, facilitando la toma de decisiones informadas sobre las intervenciones más efectivas.

En resumen, la eficiencia energética en la mejora de edificios ya construidos es esencial para reducir el consumo de energía. La integración de tecnología BIM y la utilización de softwares de simulación energética son herramientas clave para planificar y evaluar las mejoras necesarias, garantizando intervenciones eficaces y optimizando el proceso de diseño y construcción del edificio.

## 1.2 Softwares

En este apartado, vamos a explorar una variedad de softwares diseñados para mejorar la eficiencia energética en la construcción. Cada uno de estos programas será brevemente presentado, destacando sus características principales y su potencial aplicabilidad, proporcionando una visión general de las diferentes opciones disponibles y así permitiendo elegir el software más adecuado para este proyecto. Los softwares se dividirán en dos categorías principales: softwares de certificación y softwares de análisis energético.

### *Softwares de certificación:*

#### *CE3X*

CE3X es un software para la certificación energética de edificios existentes en España. Proporciona una interfaz intuitiva con una introducción manual de los datos para calcular la eficiencia energética, evaluar el consumo y generar el certificado requerido por la normativa.

Desarrollado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España, este software es de uso gratuito, facilitando su acceso tanto a profesionales como a propietarios de edificios.

#### *HULC*

HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER) es una herramienta desarrollada en España para la certificación energética de edificios y la verificación del cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE).

HULC permite realizar simulaciones energéticas detalladas, considerando diversos factores como la envolvente térmica del edificio,

las instalaciones de climatización y agua caliente sanitaria, así como las condiciones climáticas locales.

A través de estas simulaciones, se puede evaluar el rendimiento energético de un edificio y obtener el certificado energético correspondiente, además de identificar posibles mejoras para incrementar su eficiencia energética.

Esta herramienta tiene un plugin de AplicAD para Revit que permite la exportación de la geometría del edificio desde Revit para poder usarlo directamente en HULC.

Aunque la herramienta HULC es gratuita, el plugin mantiene una licencia de pago.

#### *Softwares de análisis energético:*

Para los siguientes softwares hace falta explicar primero un par de conceptos:

**EnergyPlus:** EnergyPlus es un motor de simulación energética desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE). Este software es capaz de modelar el consumo de energía para calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación y otros flujos de energía dentro de un edificio. Es una herramienta muy poderosa y flexible que permite realizar simulaciones detalladas de las condiciones térmicas y energéticas de los edificios.

**gbXML (Green Building XML):** gbXML es un esquema de datos de código abierto que facilita el intercambio de información sobre edificios entre diferentes aplicaciones de software. Está diseñado para interoperar con herramientas de análisis energético, diseño arquitectónico y software de

gestión de edificios, permitiendo una integración fluida de datos y simplificando el proceso de modelado y simulación energética.

### *INSIGHT*

*“El complemento para software de Autodesk, Insight, es un servicio de acceso gratuito para usuarios de Revit y FormIt Pro que te permite analizar energéticamente un edificio, desde las etapas iniciales de diseño hasta que está completamente ejecutado.” (espaciobim.com, 2024)*

Autodesk Insight es una herramienta que permite a los profesionales del diseño y la construcción realizar análisis energéticos y de rendimiento de edificios. Integrado con Revit y FormIt Pro, Insight facilita la simulación y comparación de múltiples escenarios de diseño, ayudando a optimizar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental.

Utiliza motores de simulación avanzados y técnicas de computación paralela para explorar millones de resultados potenciales, proporcionando métricas personalizadas.

Este software robusto es accesible para los suscriptores de Autodesk, lo que lo hace una herramienta invaluable para la toma de decisiones informadas durante todo el ciclo de vida del edificio.

### **Ejemplo de uso:**

Insight viene incorporado por defecto en las versiones de Revit de 2021 y posteriores. Se encuentra en la pestaña de Analizar, en el apartado de Optimización de energía.

Desde ese apartado se puede generar un modelo energético y configurarlo según las necesidades del proyecto.

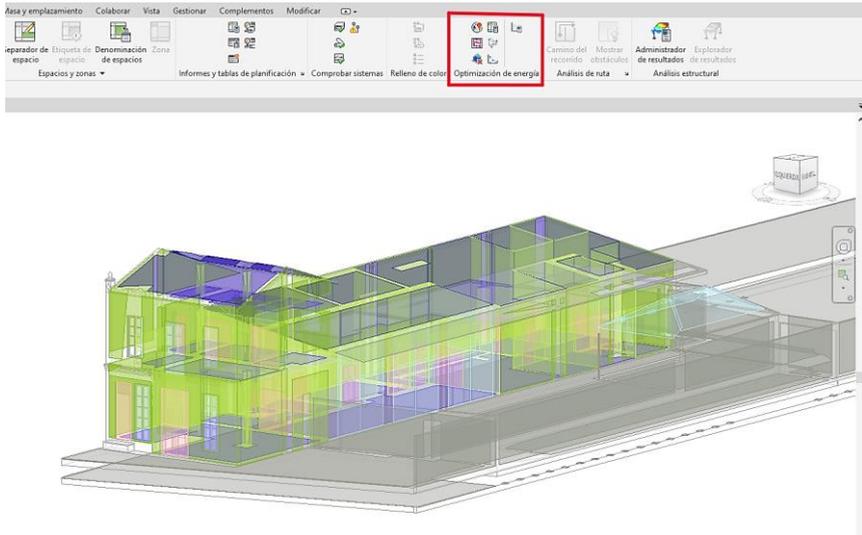


Figura 1. Modelo energético en Revit. Año 2024. Fuente propia

Una vez obtenido el modelo, se puede enviar a Insight para analizar desde la opción de optimizar.

Insight se puede utilizar para explorar diversas opciones de diseño y sus impactos energéticos. Ajustar variables como materiales, sistemas HVAC, y estrategias de iluminación natural.

Desde esta herramienta se pueden realizar simulaciones para diferentes escenarios de diseño y compararlos visualmente, proporcionando una visión clara de las mejores estrategias para optimizar la eficiencia energética del edificio.

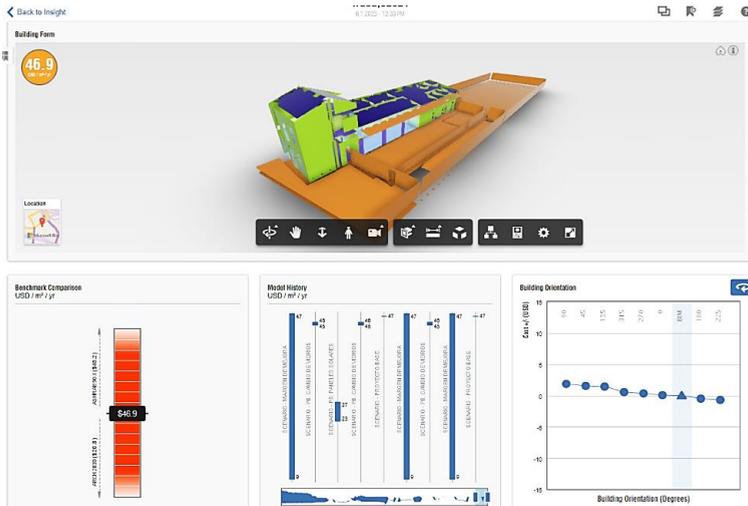


Figura 2. Análisis de Insight. Año 2024. Fuente propia

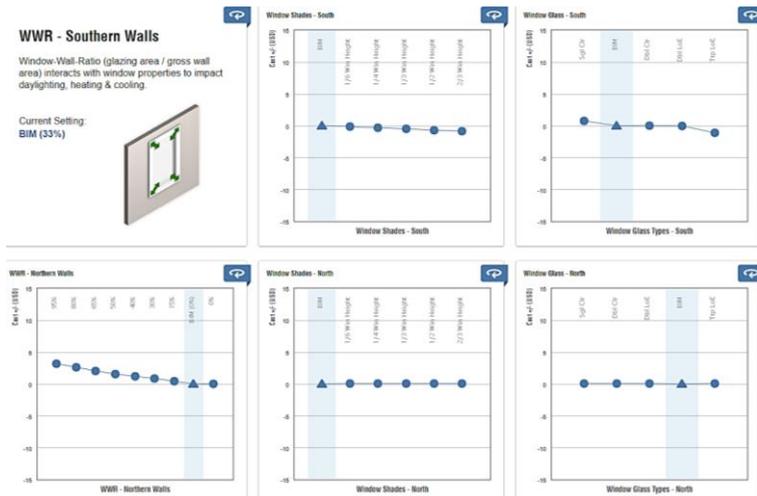


Figura 3. Simulación de escenarios en Insight. Año 2024. Fuente propia

### **Ventajas:**

- Integración directa con Revit, facilitando el flujo de trabajo.
- Potentes herramientas de simulación y análisis energético.
- Accesible mediante suscripción a Autodesk, con soporte y actualizaciones regulares.
- Interfaz intuitiva y fácil de usar.

### **Inconvenientes:**

- Requiere una suscripción a Autodesk, lo que puede ser costoso para algunos usuarios.
- Dependencia de otros productos de Autodesk para su funcionamiento óptimo.

### *GREEN BUILDING STUDIO*

*“Autodesk Green Building Studio es un servicio flexible basado en la nube que permite realizar simulaciones de rendimiento de edificios para optimizar la eficiencia energética y trabajar hacia la neutralidad de carbono desde las primeras etapas del diseño. Green Building Studio te ayudará a diseñar edificios de alto rendimiento en una fracción del tiempo y coste de los métodos convencionales.” (gbs.autodesk.com, 2024)*

Autodesk Green Building Studio es un servicio de análisis de energía en la nube diseñado para optimizar la eficiencia energética de los edificios. Este software permite a los diseñadores y arquitectos realizar simulaciones energéticas completas y obtener informes detallados sobre el rendimiento energético de sus proyectos. Es particularmente útil en las fases tempranas del diseño, proporcionando datos precisos y valiosos

que ayudan a tomar decisiones informadas para mejorar la eficiencia energética y reducir los costes operativos. Ofrece una integración perfecta con Revit y otros programas de diseño, permitiendo la importación directa de modelos BIM para su análisis. El software evalúa diversos factores, como el consumo de energía, las emisiones de carbono y los costes operativos, y proporciona recomendaciones para optimizar el diseño del edificio.

### Ejemplo de uso:

Desde Revit, se exporta el modelo a formato gbXML para poder importarlo en Green Building Studio.

A la hora de importar el modelo se definen las configuraciones iniciales, como la ubicación geográfica, el uso del edificio, y las condiciones climáticas.

La herramienta realiza simulaciones energéticas utilizando motores de cálculo avanzados para evaluar el rendimiento energético del edificio.

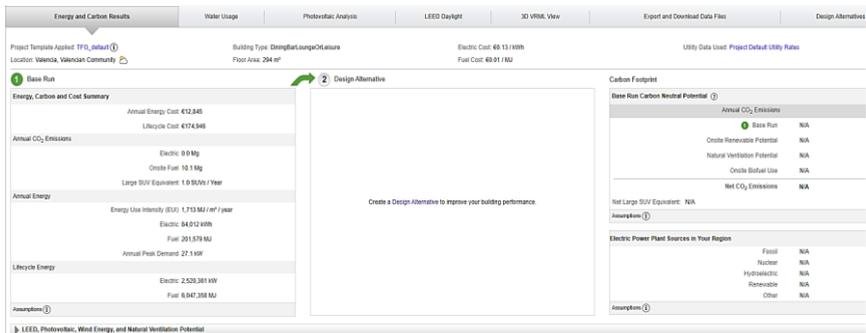


Figura 4. Green Building Studio. Año 2024. Fuente propia

**Ventajas:**

- Basado en la nube, lo que permite el acceso desde cualquier lugar.
- Buenas capacidades de simulación y comparación de múltiples escenarios.
- Integración con Revit y otros productos de Autodesk.

**Inconvenientes:**

- Necesita una suscripción a Autodesk, lo que puede resultar en costes adicionales.
- La dependencia de la conexión a Internet para el uso completo puede ser limitante.

*Desing Builder*

*“Un conjunto integrado de herramientas de alta productividad y en profundidad para ayudar con la evaluación del diseño sostenible de edificios.” (designbuilder.co.uk, 2024)*

DesignBuilder es un software de simulación energética y modelado de edificios desarrollado por DesignBuilder Software Ltd. Este programa es conocido por su interfaz gráfica intuitiva y su capacidad para realizar análisis detallados de rendimiento energético, confort térmico, iluminación natural y emisiones de carbono. Integra el motor de simulación EnergyPlus, lo que permite a los usuarios llevar a cabo simulaciones precisas y detalladas para optimizar el diseño y funcionamiento de los edificios.

DesignBuilder ofrece versiones de prueba y de pago, con diferentes niveles de funcionalidad según la licencia adquirida. Es ampliamente

utilizado por ingenieros, arquitectos y consultores de sostenibilidad para mejorar la eficiencia energética y el rendimiento ambiental de los edificios.

### Ejemplo de uso:

DesignBuilder proporciona una plataforma visualmente intuitiva para modelar y analizar edificios.

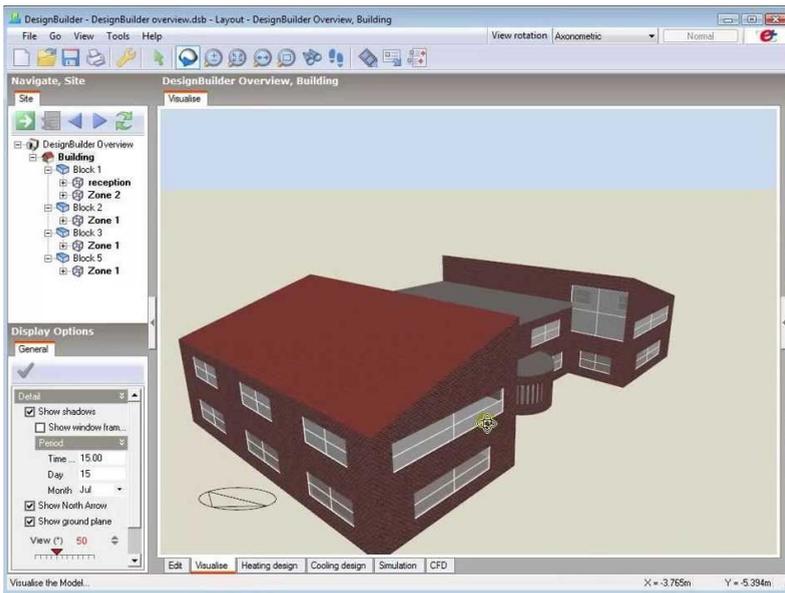
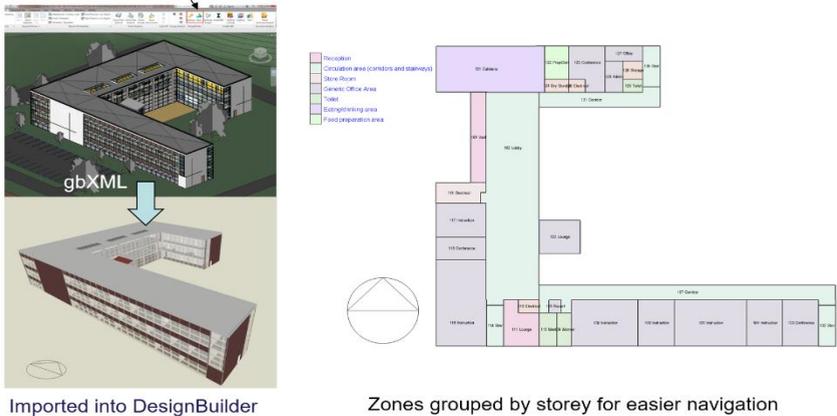


Figura 5. Interfaz Design Builder. Año 2024. Fuente: designbuilder-lat.com

Al igual que en Green Building Studio, se puede importar un modelo en formato gbXML.

Las simulaciones se ejecutan utilizando el motor EnergyPlus integrado para evaluar el rendimiento energético del edificio bajo diferentes condiciones y escenarios de diseño. Los resultados generados por el software se revisan, incluyendo el consumo energético, las temperaturas interiores, las cargas de calefacción y refrigeración, y la iluminación natural. Las variables del diseño se ajustan para mejorar la eficiencia energética y el confort térmico del edificio basándose en los resultados del análisis.

“Open in DesignBuilder” Revit Icon



Imported into DesignBuilder

Zones grouped by storey for easier navigation

Figura 6. Exportación gbXML. Año2024. Fuente: [designbuilder.co.uk](http://designbuilder.co.uk)

## Ventajas:

- Interfaz gráfica intuitiva y fácil de usar.
- Basado en EnergyPlus, proporcionando simulaciones precisas y detalladas.
- Amplias capacidades de análisis de confort térmico, iluminación natural y emisiones de carbono.

**Inconvenientes:**

- Es un software de pago, lo que puede ser un obstáculo para algunos usuarios.
- Curva de aprendizaje pronunciada para aprovechar al máximo todas sus funcionalidades.

*Open Studio*

*“OpenStudio es una colección de herramientas de software multiplataforma (Windows, Mac y Linux) para apoyar el modelado energético de edificios completos usando EnergyPlus y el análisis avanzado de la luz natural usando Radiance. OpenStudio es un proyecto de código abierto para facilitar el desarrollo comunitario, la extensión y la adopción por parte del sector privado.” (openstudio.net, 2024)*

OpenStudio es una plataforma de simulación energética y modelado de edificios desarrollada por el National Renewable Energy Laboratory (NREL). Esta herramienta de código abierto permite a los profesionales realizar simulaciones detalladas de rendimiento energético, análisis de iluminación natural y evaluación de confort térmico. Se basa en el motor de simulación EnergyPlus y ofrece una interfaz flexible para la creación y análisis de modelos de edificios.

Es gratuito y ampliamente utilizado en proyectos de investigación y en la industria para mejorar la eficiencia energética de los edificios.

**Ejemplo de uso:**

OpenStudio permite la importación y exportación de modelos BIM, lo que facilita la integración con otros softwares de diseño.

Tras la creación o importación del modelo se llevan a cabo simulaciones utilizando el motor EnergyPlus para evaluar el rendimiento energético del edificio bajo diversas condiciones y configuraciones de diseño. Se revisan los resultados, que incluyen datos sobre consumo energético, cargas térmicas y eficiencia de sistemas. Posteriormente, se pueden ajustar las variables del modelo para optimizar la eficiencia energética y mejorar el rendimiento general del edificio según los análisis obtenidos.

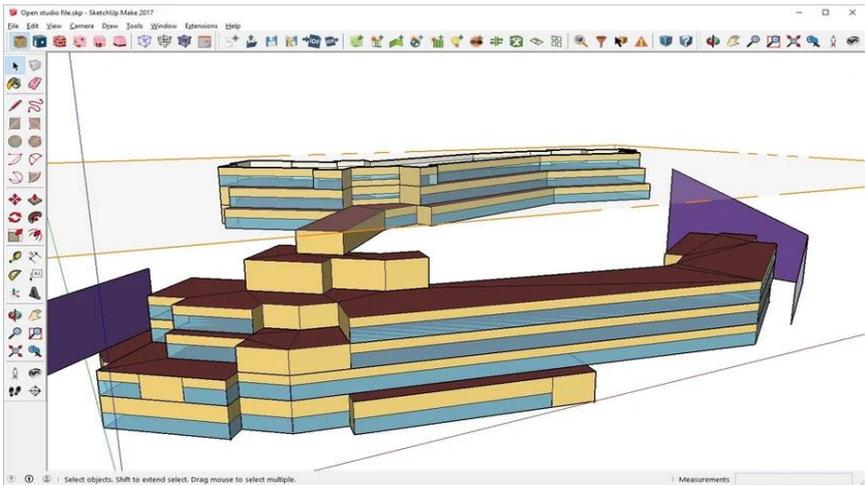


Figura 7. Interfaz OpenStudio. Año 2024. Fuente: [blog.zeroconsulting.com](http://blog.zeroconsulting.com)

### Ventajas:

- Gratuito y de código abierto, accesible para todos los usuarios.
- Basado en EnergyPlus, ofreciendo simulaciones detalladas y precisas.
- Flexible y extensible, permitiendo la integración con otros softwares y herramientas personalizadas.

**Inconvenientes:**

- Requiere conocimientos técnicos más avanzados para su uso efectivo.
- La interfaz no es tan intuitiva como la de otros softwares comerciales, lo que puede dificultar su adopción inicial.

*Tabla comparativa de softwares*

Software	Desarrollador	Coste	Facilidad de Uso	Motor EnergyPlus
INSIGHT	Autodesk	Incluido en suscripción Autodesk	Alta	No
Green Building Studio	Autodesk	Incluido en suscripción Autodesk	Media	Sí
DesignBuilder	DesignBuilder Software Ltd.	De pago	Media-Baja	Sí
OpenStudio	National Renewable Energy Laboratory (NREL)	Gratuito	Baja	Sí

*Selección de software*

Tras analizar las diferentes herramientas de simulación energética, se ha decidido utilizar Autodesk Insight para este proyecto. Esta decisión se fundamenta en varias razones clave que lo hacen más adecuado en comparación con las otras opciones disponibles.

## **Integración con Revit**

Uno de los principales factores que ha influido en la elección de Autodesk Insight es su integración con Revit. Esta conexión directa permite estudiar el comportamiento energético del edificio sin necesidad de exportaciones ni conversiones de datos, lo que facilita el flujo de trabajo y mejora la precisión. Por el contrario, herramientas como Green Building Studio, DesignBuilder y OpenStudio requieren un proceso más técnico y prolongado para integrar el modelo BIM, lo que aumenta la complejidad y el tiempo necesario para llevar a cabo las simulaciones.

## **Facilidad de uso**

Autodesk Insight destaca por su interfaz intuitiva, lo que permite realizar simulaciones rápidas con cambios en el momento y así obtener resultados precisos sin necesidad de configuraciones complejas.

## **Accesibilidad**

En términos de coste y accesibilidad, Autodesk Insight facilita mucho el trabajo, ya que está incluido para los usuarios de Revit sin requerir licencias adicionales ni instalación de programas externos. De igual forma, otras herramientas, como OpenStudio, que también son gratuitas, conllevan una complejidad y unos recursos en términos de tiempo que no las hacen las opciones más eficientes para lo que se quiere tratar en este proyecto.

# Capítulo 3.

## Proyecto

### 1.1 Introducción

El trabajo final de grado consiste en la simulación de un caso real, donde un cliente ficticio nos ha encargado mejorar la eficiencia energética de su edificio. El edificio en cuestión es una alquería situada en la Carrera de la Font d'en Corts, en la zona sur de Valencia, construida en 1910 y ampliada posteriormente con dos naves. Originalmente utilizado como residencia, en 2021 se propuso un cambio de uso para convertir la planta baja en un restaurante con cocina, zona de bar, terraza exterior y aparcamiento, mientras que la planta superior se mantuvo como vivienda independiente, adaptada a las necesidades actuales.

Para el estudio, el cliente nos ha proporcionado los planos del edificio. Utilizando la herramienta Revit, modelaremos el edificio y realizaremos un análisis de las posibles mejoras en la eficiencia energética, centrándonos específicamente en los materiales y sistemas de construcción de la envolvente. La metodología BIM permitirá crear un modelo digital preciso del edificio, facilitando la evaluación de diferentes alternativas de diseño y sus impactos energéticos.

El objetivo es proponer diversas soluciones constructivas que mejoren la eficiencia energética del edificio. El uso de BIM facilitará la identificación de posibles mejoras y la simulación de su impacto energético,

asegurando que la alquería reformada cumpla con los estándares modernos de sostenibilidad y confort.

Una vez analizadas las posibles mejoras en los materiales y sistemas de construcción de la envolvente, se presentarán al cliente diversas soluciones constructivas, destacando las ventajas y desventajas de cada una, para que el cliente pueda tomar una decisión informada sobre las intervenciones a realizar.

## 1.2 Descripción del edificio

### *Emplazamiento*

La edificación está situada en Carrera de la Font d'en Corts nº 79 de Valencia.

### *Descripción de la parcela*

La parcela tiene una superficie total de 1.475 m<sup>2</sup> y está delimitada lateralmente por edificaciones residenciales. La parcela tiene su frente principal hacia la Carrera de la Font d'en Corts. El acceso principal a la parcela, tanto peatonal como vehicular, se realiza desde esta calle.

### *Descripción de la construcción*

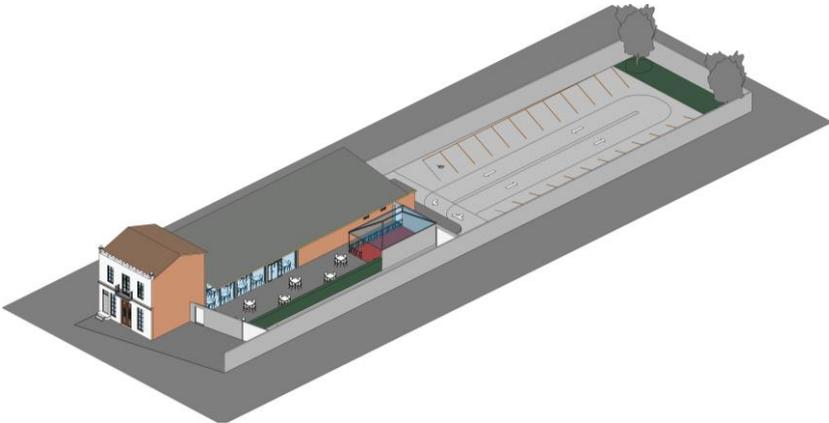
La edificación, situada en la esquina noroeste de la parcela, se compone de dos módulos que han sido objeto de una reforma integral. El primer módulo corresponde a una alquería antigua con una superficie de 64,15 metros cuadrados. El segundo módulo, que anteriormente estaba formado por dos naves independientes, se ha unificado en un solo espacio tras la reforma, con una superficie total de 295,57 metros cuadrados.

La alquería dispone de dos accesos directos: uno que lleva a la escalera de la vivienda en la primera planta, y otro que da acceso al bar, conectado internamente con el restaurante. Además, la edificación cuenta con un acceso peatonal hacia la terraza del restaurante y un acceso rodado al aparcamiento situado en la parte trasera.

La planta baja de la alquería alberga el bar, mientras que el módulo de las naves está destinado al restaurante y su cocina. Las instalaciones del restaurante incluyen un comedor principal, un reservado, una zona de aseos, la cocina, un área de lavado, un almacén de residuos, una despensa y vestuarios para el personal.

En el exterior de la edificación se encuentra la terraza junto al parque infantil, además del acceso al aparcamiento de la parte trasera.

Por último, la primera planta de la alquería está destinada a la vivienda, que cuenta con un espacio de salón-comedor-cocina integrado, un baño, un dormitorio principal y un dormitorio individual.



*Figura 8. Vista 3D de parcela. 2024. Fuente propia*

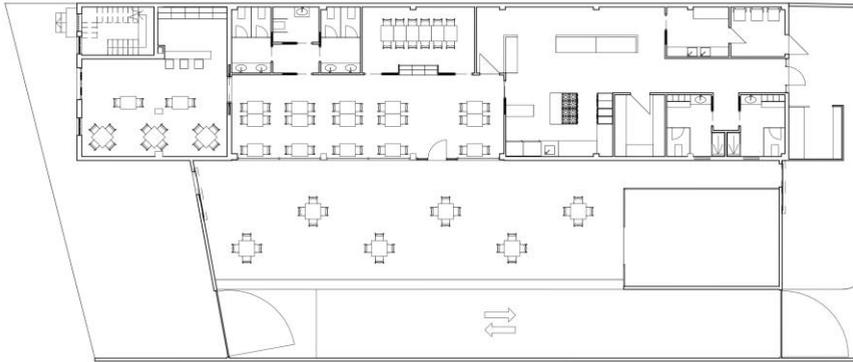


Figura 9. Planta baja de edificio. 2024. Fuente propia

## 1.3 Memoria constructiva

### *Sistema estructural*

#### Cimentación

La cimentación del proyecto se basa en dos tipos principales: una cimentación superficial mediante losa en la alquería y zapatas arriostradas en ambas naves.

#### Estructura portante

La estructura vertical portante de la alquería se compone de muros de carga de doble hoja en las fachadas principal y posterior. La hoja exterior está conformada por ladrillo macizo visto, mientras que la hoja interior consiste en ladrillo hueco doble. Estas hojas se encuentran separadas por una cámara de aire y aislamiento de lana de roca. Además, se emplean pilares de hormigón tanto en la alquería como en las naves.

### Estructura horizontal

La estructura horizontal de la alquería se resuelve mediante un forjado unidireccional de viguetas de madera con revoltón cerámico.

#### *Sistema de compartimentación*

### Particiones interiores

La división entre espacios se resuelve con tabiquería autoportante formada por placa de yeso laminado de 15 mm de espesor (hidrófugas en zonas húmedas), a cada lado de una estructura metálica de 45 mm de ancho, a base de montantes y canales y aislamiento de panel de lana mineral de 45 mm de espesor.

### Carpintería interior

La carpintería interior es de madera DM lacada en blanco, con puertas de paso lisas correderas.

#### *Sistema envolvente*

### Fachada

La fachada principal y posterior de la alquería está formada por los muros de carga ya mencionados en la estructura portante y se encuentran enfoscados exteriormente con mortero de cemento.

Tanto la fachada lateral de la alquería como las fachadas del restaurante están compuestas por una hoja exterior de ladrillo cerámico caravista enfoscado, seguido de una cámara de aire de 3 cm y un aislamiento de lana de roca de 60 mm de espesor. En el interior, se encuentra una hoja de ladrillo hueco de 4 cm de espesor con acabado de enlucido de yeso.

Parte de la fachada lateral de la nave está cerrada por un muro cortina especificado más adelante.

### Medianera

La medianera está conformada por dos hojas de ladrillo hueco doble de 7 cm de espesor, separadas por una cámara de aire de 3 cm.

### Muros

El muro envolvente de la parcela es de bloque de hormigón de 15 cm de espesor.

### Cubierta

En la alquería, se dispone de una cubierta inclinada a dos aguas sobre forjado inclinado de viguetas de madera con tablero de madera continuo y rastreles para la sujeción de la teja cerámica curva.

Por otro lado, en la nave, tenemos una cubierta inclinada a un agua de pizarra sobre rastreles de madera.

### Carpintería exterior

La carpintería exterior es de madera con doble acristalamiento.

La fachada lateral de la nave está cerrada con un muro cortina dividido con montantes cada 2 metros y vidrios de doble acristalamiento.

Los huecos de la fachada posterior de la nave se cierran con una carpintería de acero inoxidable y una de madera lacada, ambas con doble acristalamiento.

### *Sistema de acabados*

### Exteriores

El acabado de la fachada principal se resuelve mediante un revestimiento de enfoscado de mortero de cemento.

El resto de los paramentos exteriores mantienen el acabado de ladrillo caravista.

La terraza del restaurante tiene un pavimento pétreo de terrazo.

### Interiores

Los revestimientos verticales se resuelven con pintura plástica sobre enlucido de yeso tanto en la alquería como en las naves.

El pavimento de la nave y la planta baja de la alquería es de baldosa de gres. La vivienda dispone de pavimento pétreo de terrazo en el baño y de parquet en el resto de las estancias.

Los falsos techos de la vivienda se dividen en placas de enlucido perforada en los dormitorios y placas metálicas registrables en el baño. El restaurante y la cocina se resuelven con un falso techo de placa de yeso laminado.

### *Instalaciones y equipamiento*

Como se explica en el siguiente capítulo, no se va a tener en cuenta las instalaciones ni el equipamiento.

# Capítulo 4.

## Desarrollo

### 1.1 Modelado del edificio

El modelado del edificio es una etapa esencial en este proyecto, ya que proporciona la base para realizar simulaciones energéticas precisas. Utilizando Revit se ha creado un modelo digital que refleja las características y condiciones del edificio real. Este modelo no solo facilita la visualización y análisis del diseño arquitectónico, sino que también es crucial para evaluar el comportamiento energético del edificio mediante diferentes herramientas de simulación.

El modelo del edificio tiene como principal objetivo servir de base para la simulación energética. Esto incluye:

- Evaluar el rendimiento energético del edificio.
- Identificar posibles áreas de mejora en términos de eficiencia energética.
- Realizar comparaciones entre diferentes propuestas de diseño y sistemas constructivos.

Para lograr una evaluación precisa del comportamiento energético del edificio, el modelo debe cumplir con niveles de detalle específicos en áreas clave que tienen un impacto directo en su rendimiento térmico y energético.

### *Nivel de detalle*

Para las simulaciones energéticas, es esencial proporcionar un nivel adecuado de detalle en los aspectos críticos del modelo que influyen en la eficiencia, mientras que en otros componentes, un menor nivel de detalle puede ser suficiente sin comprometer la precisión de los resultados.

#### **Envolvente térmica:**

- **Muros, techos y suelos:** Detallado de las capas de materiales, incluyendo aislamientos y acabados, para calcular las transmisiones térmicas.
- **Puertas y ventanas:** Inclusión de todas las aberturas con sus propiedades térmicas y dimensionales (coeficiente de transmisión térmica, factor solar, etc.).

#### **Instalaciones de climatización, ventilación y eléctricas:**

- El modelado de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), así como de las instalaciones eléctricas y de iluminación, es determinante para realizar simulaciones energéticas detalladas y obtener una evaluación precisa del comportamiento del edificio. Sin embargo, en este proyecto se ha decidido simplificar el proceso y centrarse únicamente en la envolvente del edificio.

Este enfoque responde a una cuestión de tiempo disponible para preparar el modelo, pero lo que se busca demostrar es la viabilidad de utilizar un modelo BIM como una representación virtual de la edificación, sobre la que se puedan simular

condiciones específicas. En este caso, el objetivo es prever el comportamiento energético del edificio. Aunque incluir toda la información de las instalaciones sería lo más completo y riguroso, este proyecto opta por simplificar el proceso manteniendo el enfoque en la envolvente, lo cual es suficiente para alcanzar los objetivos propuestos.

A continuación, se presenta un ejemplo de cómo se han introducido los datos de un elemento en el modelo para el análisis energético:

El primer paso consiste en crear los materiales necesarios, cada uno con sus propiedades. La propia herramienta de Revit viene con una extensa biblioteca de materiales ya configurados.

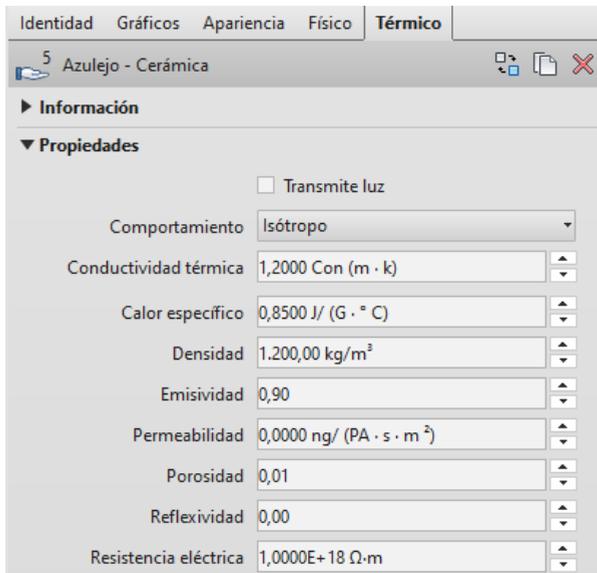
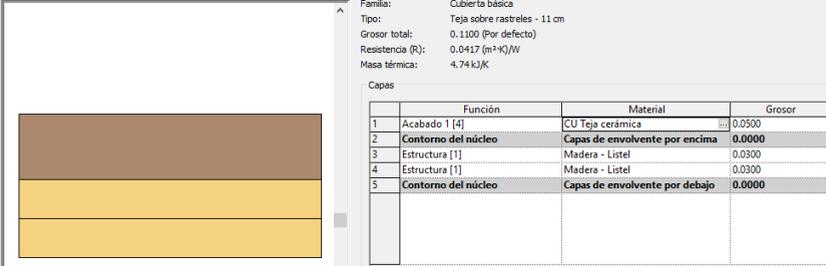


Figura 10. Propiedades térmicas de teja cerámica. Año 2024. Fuente propia

En este caso el elemento a crear será la cubierta de la alquería. Una vez creadas las capas que lo componen se le añaden los materiales y los grosores.



Familia:	Cubierta básica		
Tipo:	Teja sobre rastreles - 11 cm		
Grosor total:	0.1100 (Por defecto)		
Resistencia (R):	0.0417 (m²·K)/W		
Masa térmica:	4.74 kJ/K		
Capas			
	Función	Material	Grosor
1	Acabado 1 [4]	CU Teja cerámica	0.0500
2	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por encima	0.0000
3	Estructura [1]	Madera - Listel	0.0300
4	Estructura [1]	Madera - Listel	0.0300
5	Contorno del núcleo	Capas de envoltente por debajo	0.0000

Figura 11. Composición de cubierta. Año 2024. Fuente propia

Tras esto, Revit calcula automáticamente algunas de sus propiedades analíticas

Propiedades analíticas	
Coefficiente de transferencia de calor (U)	24.0000 W/(m²·K)
Resistencia térmica (R)	0.0417 (m²·K)/W
Masa térmica	4.74 kJ/K
Absortancia	0.700000
Aspereza	3

Figura 12. Propiedades analíticas de cubierta. Año 2024. Fuente propia

### Uso del modelo

El modelo detallado se utilizará en varias etapas del análisis energético:

### Simulación inicial

En esta sección, se evaluará el rendimiento energético del diseño actual del edificio utilizando la herramienta Autodesk Insight. Esta evaluación nos permitirá obtener una visión clara de la eficiencia energética del

edificio en su estado actual, lo cual es crucial para identificar oportunidades de mejora.

Para iniciar el proceso, el modelo del edificio se debe introducir en Insight. Para esto, dentro de Revit, debemos acudir al apartado de Optimización de energía, dentro de la pestaña de Analizar.

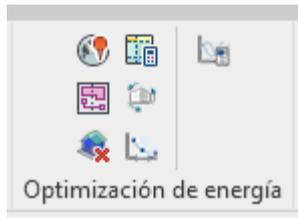


Figura 13. Revit/Análisis/Optimización de energía. Año 2024. Fuente propia

Este apartado permite, con unas pocas configuraciones, generar un modelo energético de la construcción, el cual se puede enviar directamente a Insight desde ahí mismo. Una vez enviado, la herramienta se abre automáticamente en el navegador.



Figura 14. Insight restaurante alquería. Año 2024. Fuente propia

Ya dentro, Insight nos da acceso a una interpretación de los datos del proyecto en forma de cajas de gráficos modificables. Estos gráficos vienen con opciones predefinidas por la herramienta, a parte de la propia del proyecto, marcada con un triángulo con el nombre de BIM.

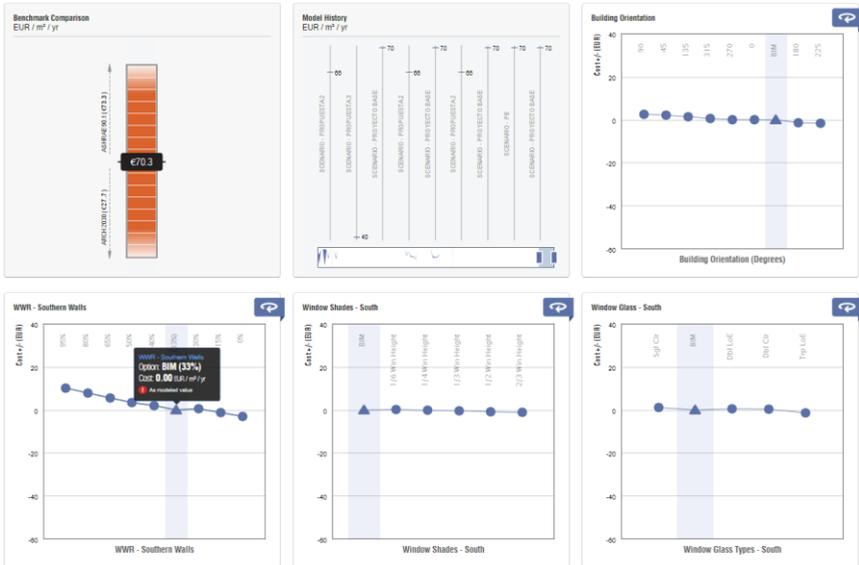


Figura 15. Insight gráficos. Año 2024. Fuente propia

Los gráficos permiten seleccionar entre las distintas opciones, dando la información al instante y permitiendo guardar escenarios completos.

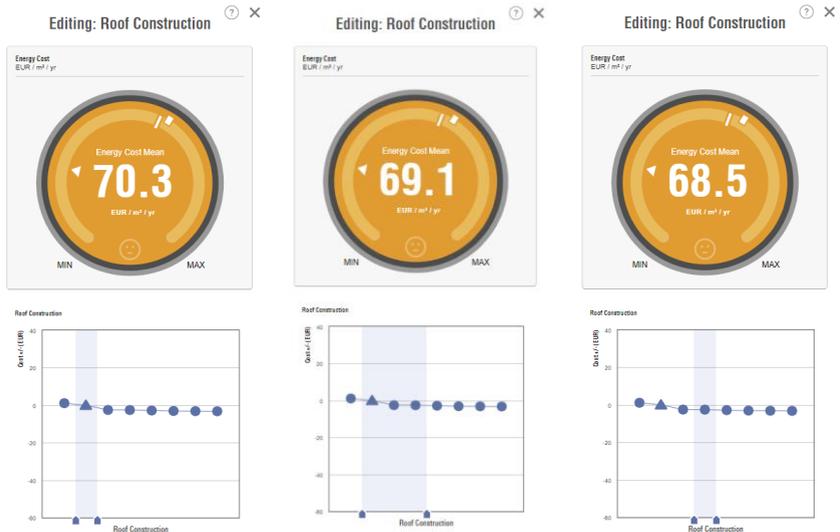


Figura 16. Comparativa de gráficos. Año 2024. Fuente propia

El valor proporcionado puede representarse en dos formatos diferentes: kilovatios-hora por metro cuadrado al año (kWh/m<sup>2</sup>/año) o euros por metro cuadrado al año (€/m<sup>2</sup>/año), dependiendo de lo que sea más conveniente para el análisis.

Una de las ventajas clave de esta herramienta es su capacidad para comparar automáticamente el rendimiento del edificio con dos estándares de referencia:

**ASHRAE 90.1** es un estándar desarrollado por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Este estándar proporciona requisitos mínimos para el diseño de edificios energéticamente eficientes, incluyendo aspectos como envolventes térmicas, sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado,

iluminación y más. La comparación con ASHRAE 90.1 permite evaluar si el diseño cumple con los criterios de eficiencia energética reconocidos internacionalmente.

**ARCH 2030** es una iniciativa global que busca transformar el entorno construido al establecer objetivos agresivos de reducción de emisiones de carbono. La iniciativa establece que todos los edificios nuevos, desarrollos y renovaciones importantes deben ser carbono-neutros para 2030. Al comparar el rendimiento del edificio con los objetivos de ARCH 2030, se puede determinar cuánto se acerca el diseño a estos ambiciosos estándares de sostenibilidad.



Figura 17. Comparación de rendimiento energético. 2024. Fuente propia

### Evaluación de la envolvente térmica:

En esta sección, se analizará el rendimiento térmico de los diferentes componentes de la envolvente del edificio para identificar áreas de mejora y minimizar las pérdidas térmicas. Para ello, seguiremos usando

la misma herramienta que anteriormente, que permite un análisis detallado del modelo en función de varios factores críticos.

Autodesk Insight proporciona un desglose detallado del rendimiento de la envolvente térmica al evaluar componentes clave, lo que nos permite identificar oportunidades específicas para mejorar la eficiencia energética del edificio. Al introducir el modelo en Insight, la herramienta ofrece un análisis exhaustivo de los siguientes elementos:

- **Orientación del edificio:** La orientación influye directamente en la cantidad de radiación solar que recibe el edificio a lo largo del día. Insight analiza cómo la orientación afecta la ganancia solar y su impacto en la carga térmica.
- **Relación ventana-muro:** Esta relación evalúa el porcentaje de superficie acristalada en comparación con las paredes opacas. Un equilibrio óptimo puede mejorar la iluminación natural y la eficiencia energética, mientras que una relación inadecuada puede aumentar las pérdidas o ganancias de calor.
- **Sombreado de ventanas:** El análisis del sombreado determina cómo las características de sombreado, como voladizos y persianas, afectan la ganancia solar y la reducción del deslumbramiento, contribuyendo a un mejor confort térmico interior.
- **Tipo de vidrio:** Insight evalúa el rendimiento térmico de diferentes tipos de vidrio, incluyendo propiedades como el coeficiente de ganancia solar y la transmitancia térmica, lo cual es crucial para optimizar la eficiencia energética.

- **Construcción de muros:** Esta evaluación examina la composición y el diseño de los muros, considerando la capacidad de aislamiento térmico y la resistencia a la transferencia de calor. Los muros bien diseñados son fundamentales para mantener un ambiente interior confortable y eficiente energéticamente.
- **Construcción de tejado:** Este componente examina la eficacia del diseño y los materiales del tejado en la reducción de las pérdidas térmicas. Un tejado bien diseñado puede ser una barrera efectiva contra las fluctuaciones de temperatura exterior.
- **Infiltración:** La infiltración se refiere al intercambio no deseado de aire entre el interior y el exterior del edificio. Un análisis preciso puede identificar las áreas de posible infiltración, lo cual es esencial para mejorar la estanqueidad del edificio y reducir las cargas térmicas.

Además de estos análisis específicos de la envolvente térmica, la herramienta también tiene la capacidad de evaluar la eficiencia de otros sistemas del edificio, como la iluminación eléctrica, la eficiencia de carga de enchufes, los sistemas de climatización, y la integración de paneles solares. Aunque en este proyecto no se incluirá el análisis de estas áreas, es importante mencionar que Insight ofrece herramientas poderosas para evaluar y optimizar estos aspectos también.

A través de este análisis detallado, el software proporciona una comprensión clara de cómo cada componente de la envolvente contribuye al rendimiento térmico general del edificio.

### Comparativa de resultados

A continuación, se va a realizar un análisis de los resultados obtenidos por la herramienta para comprobar las posibles áreas de mejora que tiene el edificio.

En primer lugar, tenemos varias áreas que no son mejorables como la orientación del edificio o la relación de ventana-muro.

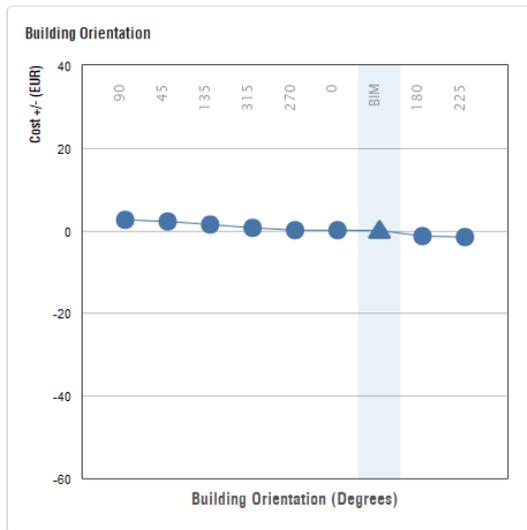


Figura 18. Orientación de edificio Insight. 2024. Fuente propia

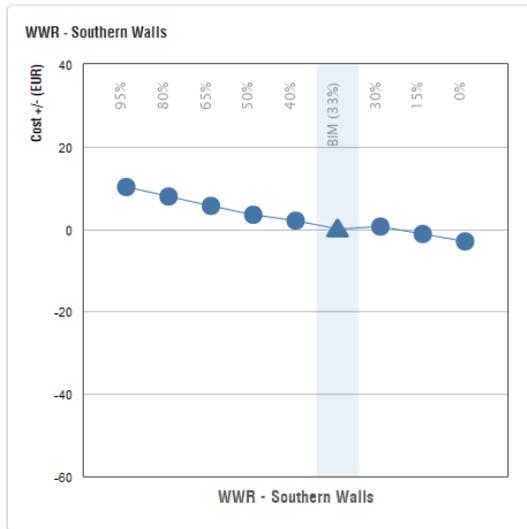


Figura 19. Relación ventana-muro Insight. 2024. Fuente propia

Tras esto, tenemos las posibles áreas del edificio en las que sí que podríamos actuar.

Primero, el sombreado de las ventanas, que como podemos comprobar, no existe ninguno. La fachada más afectada es la sur, que es en la que se encuentra el ventanal del restaurante y después, la fachada norte, que no se ve afectada puesto que es la medianera y no tiene aperturas.

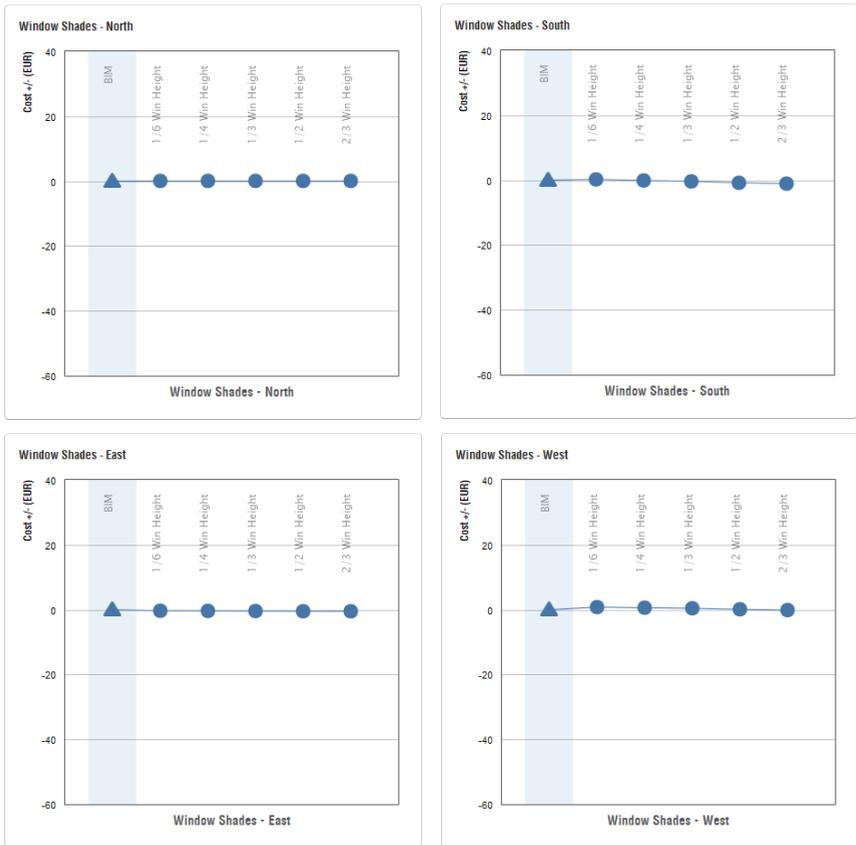


Figura 20. Sombreado de ventanas Insight. 2024. Fuente propia

Después del sombreado nos encontramos con el tipo de vidrio en las ventanas. Al igual que antes se ven afectadas las mismas tres fachadas, principalmente la sur.

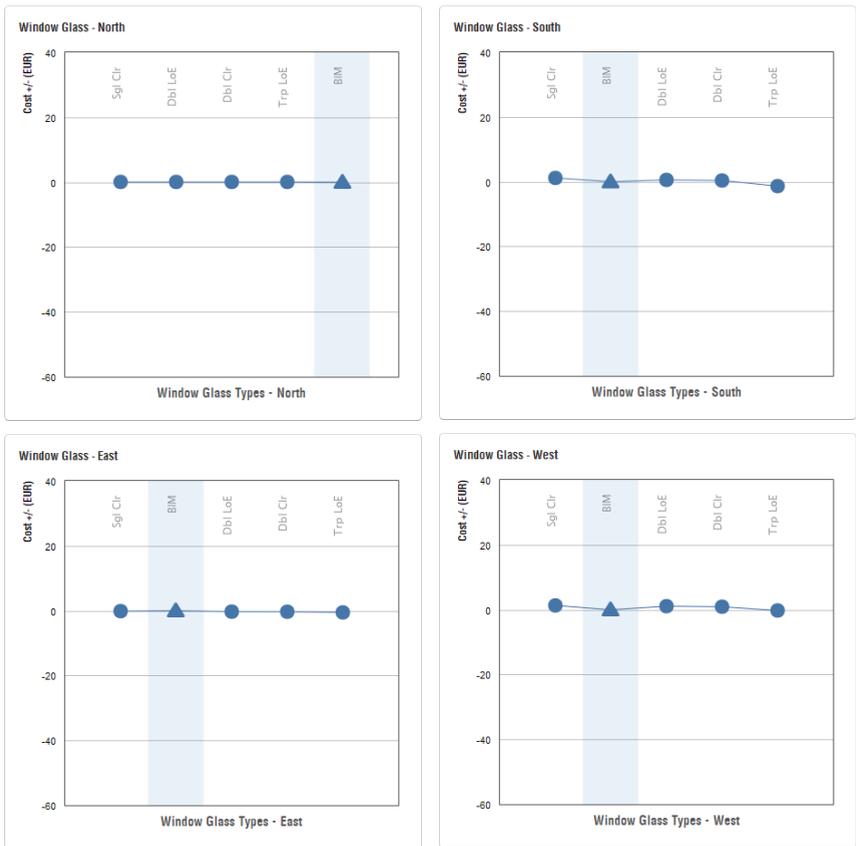


Figura 21. Tipos de vidrio Insight. 2024. Fuente propia

A continuación, el tipo de construcción de muros y de cubiertas.

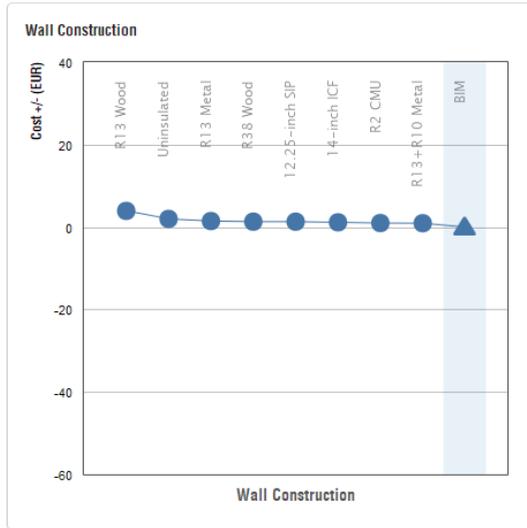


Figura 22. Tipo de muro Insight. 2024. Fuente propia

En este apartado podemos comprobar que los muros mantienen un buen aislamiento, por lo que no será necesario trabajar sobre ellos.

En cambio, sobre la cubierta, sabiendo que la del restaurante está bien aislada, podemos comprobar que la de la alquería puede ser mejorable.

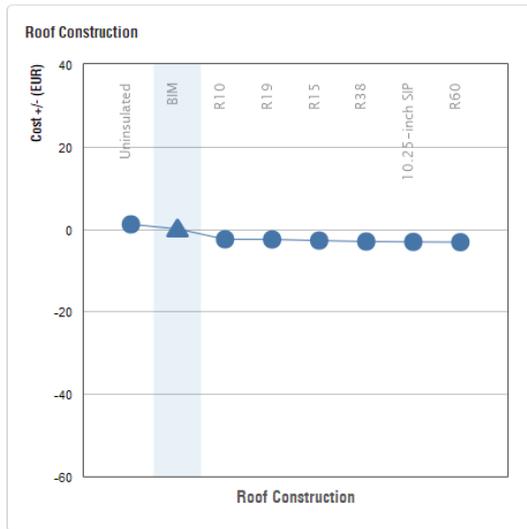


Figura 23. Tipo de cubierta Insight. 2024. Fuente propia

Con los datos obtenidos en este análisis pasaremos a estudiar los distintos escenarios posibles que se podrían realizar, teniendo en cuenta que las áreas que más se podrían mejorar serían la cubierta de la alquería y el sombreado y tipo de vidrio de las ventanas.

Las imágenes explicativas que se presentan en los anexos al final del proyecto ilustran cada uno de estos componentes y su impacto en la eficiencia energética.

Por último, cabe destacar que esta herramienta no permite importar los datos modificados de vuelta a Revit. Eso significa que, si se quiere implementar los distintos escenarios obtenidos al modelo virtual, se deberá de hacer a mano. Esto es un punto negativo, pero, teniendo en cuenta el objetivo de este proyecto, no es necesario.

## 1.2 Propuestas de mejora

En este apartado, se presentan varias propuestas de mejora basadas en el análisis del rendimiento energético del edificio realizado en la sección anterior. Utilizando los datos obtenidos de Autodesk Insight, se han identificado áreas específicas donde se puede mejorar la eficiencia energética.

Las propuestas están diseñadas para optimizar el rendimiento del edificio y ofrecer diferentes soluciones que se ajusten a las necesidades y presupuesto del cliente ficticio. Se compararán los resultados de cada opción para evaluar la rentabilidad y el impacto de cada medida implementada.

Es importante destacar que, dado que el aislamiento de los muros está hecho de lana de roca, que ofrece un buen rendimiento térmico, no se ha incluido ninguna mejora adicional en este aspecto. Como ya se había mencionado anteriormente, tampoco se tendrán en cuenta las instalaciones de climatización, ventilación y eléctricas para estas propuestas.

### **Propuesta 1: Sombreado exterior**

Esta propuesta se centra únicamente en la instalación de elementos de sombreado exterior para reducir la ganancia de calor solar y mejorar el confort térmico en los meses de verano.

Las medidas recomendadas son:

- **Sombreado exterior:** Instalar toldos o persianas exteriores en todas las ventanas del edificio para disminuir la incidencia directa del sol. Las ventanas de la fachada sur son las más

expuestas y, por lo tanto, las más importantes de tratar, asegurando así una mayor reducción de la carga de refrigeración del edificio.

Esta solución es económica y ofrece beneficios inmediatos en términos de confort térmico, especialmente en climas cálidos.

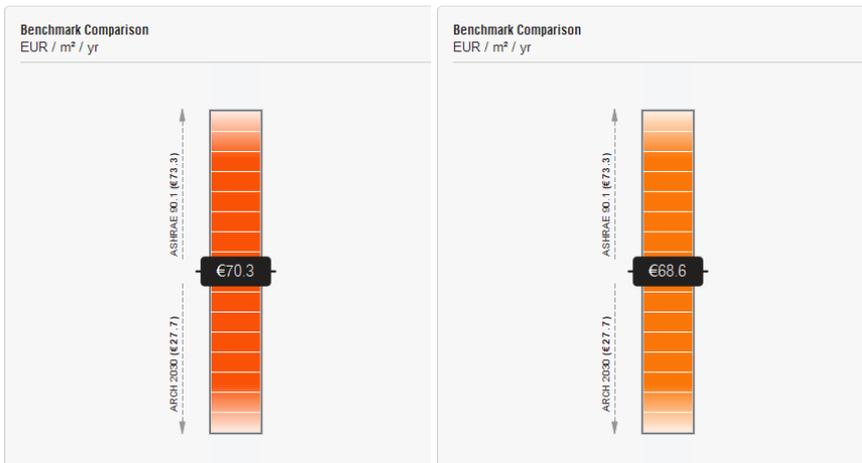


Figura 24. Comparación propuesta 1 en Insight. 2024. Fuente propia

## Propuesta 2: Tejado y vidrios

La segunda propuesta incluye mejoras en el tejado y las ventanas para aumentar la eficiencia energética global del edificio.

Las estrategias son las siguientes:

- Mejora del tejado:** Para mejorar la eficiencia térmica del tejado de la alquería, que actualmente no cuenta con aislamiento alguno, se añadirá una capa de aislamiento térmico, compuesto por lana de roca con un espesor aproximado de 100 mm. Este

aislamiento, reducirá significativamente las pérdidas de calor y mejorará la regulación de la temperatura interior. Cabe destacar que el tejado del restaurante ya cuenta con aislamiento, por lo que esta intervención se limitará a la cubierta de la alquería.

- **Vidrios de triple acristalamiento:** Sustituir las ventanas actuales por vidrios de triple acristalamiento para minimizar la transferencia de calor, ofreciendo un mejor aislamiento térmico y acústico.

Estas mejoras ofrecen un excelente equilibrio entre coste y rendimiento, proporcionando un ahorro energético considerable a largo plazo.

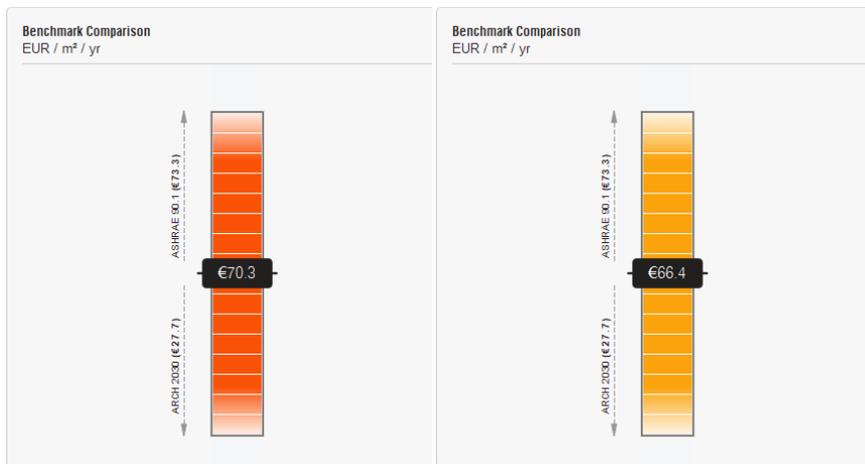


Figura 25. Comparación propuesta 2 en Insign. 2024. Fuente propia

### Comparación de propuestas

En este apartado, se procederá a comparar las dos propuestas de mejora energética con el proyecto base para evaluar sus beneficios. Cada

propuesta ofrece soluciones específicas para optimizar el rendimiento energético del edificio, y la comparación permitirá identificar la opción más adecuada según las necesidades del cliente.

	kWh/m <sup>2</sup> /año	€/m <sup>2</sup> /año
Proyecto base	528.36	70.3
Propuesta 1	512.43	68.6
Propuesta 2	463.26	66.4

*Figura 26. Tabla comparativa de propuestas. 2024. Fuente propia*

Gracias a las herramientas BIM utilizadas, como Autodesk Revit e Insight, es posible generar propuestas nuevas de manera eficiente, como, por ejemplo, combinando las modificaciones de la Propuesta 1 y la Propuesta 2.

Estas herramientas permiten evaluar de manera rápida el impacto de diferentes intervenciones y facilitan la adaptación a cambios en las necesidades del cliente o en las condiciones del mercado. La capacidad de realizar simulaciones en tiempo real con diferentes variables es una de las principales ventajas de usar tecnología avanzada en el diseño de edificios sostenibles.

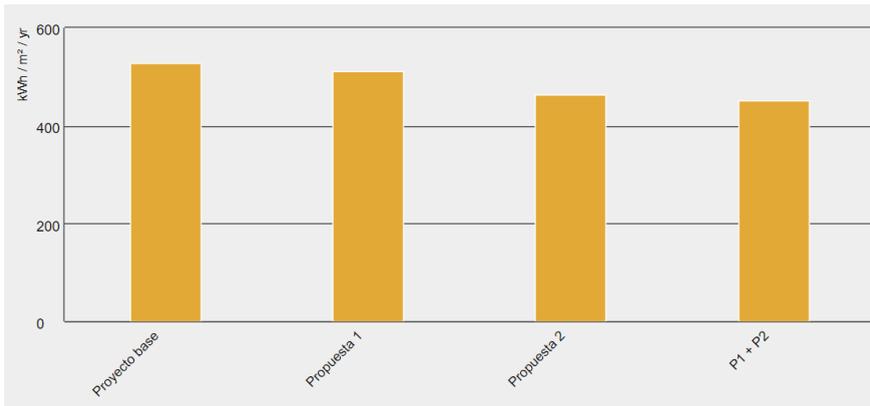


Figura 27. Comparación de propuestas en Insight. 2024. Fuente propia

# Capítulo 5.

## Conclusiones

En este proyecto, se ha llevado a cabo un análisis del rendimiento energético del edificio utilizando el software Autodesk Revit y su complemento de simulación energética Autodesk Insight. El estudio se ha centrado en un edificio ya construido, lo que ha permitido identificar áreas clave para la mejora de su eficiencia energética sin comprometer la funcionalidad ni el confort de los usuarios.

### **Principales hallazgos**

El análisis del edificio en su estado actual ha proporcionado un diagnóstico detallado del rendimiento energético. Se ha observado que, aunque la construcción cuenta con elementos favorables, como un buen aislamiento en los muros gracias al uso de lana de roca, hay áreas donde es posible introducir mejoras significativas, especialmente en la envolvente térmica, como las ventanas y los techos.

Las propuestas de mejora desarrolladas en este estudio han mostrado cómo pequeñas intervenciones pueden optimizar el comportamiento térmico del edificio y reducir su consumo energético. Desde opciones más económicas, como la instalación de sombreados en las ventanas, hasta soluciones más complejas, como la implementación de paneles solares, cada propuesta ha ofrecido al cliente distintas opciones que se ajustan a diferentes presupuestos y necesidades.

## **Evaluación de las herramientas utilizadas**

El uso combinado de Autodesk Revit y Autodesk Insight ha facilitado un análisis del comportamiento energético del edificio. Estas herramientas han permitido simular diferentes escenarios y evaluar el impacto de las mejoras propuestas, lo que ha demostrado la eficacia de los modelos BIM no solo para la documentación y diseño arquitectónico, sino también para optimizar el rendimiento energético de edificaciones existentes.

La capacidad de Autodesk Insight para generar múltiples escenarios de simulación ha sido fundamental para ofrecer soluciones adaptadas a las necesidades del cliente, demostrando el valor añadido de las herramientas de simulación energética en la toma de decisiones estratégicas.

## **Recomendaciones para futuros proyectos**

Para estudios futuros, sería recomendable ampliar el análisis para incluir las instalaciones de climatización, ventilación y la eficiencia de la iluminación eléctrica, aspectos que no se abordaron en este proyecto pero que son fundamentales para un enfoque completo de la eficiencia energética.

Además, se sugiere realizar comparaciones con otros softwares de simulación energética para validar los resultados y ampliar las opciones de mejora. Implementar un sistema de monitorización energética en el edificio después de aplicar las propuestas también sería útil para verificar los ahorros energéticos y realizar los ajustes necesarios.

## **Conclusión**

En resumen, este proyecto ha demostrado que es posible mejorar la eficiencia energética de un edificio ya existente mediante el uso de herramientas avanzadas de simulación energética. Autodesk Insight ha permitido identificar áreas clave de mejora y ofrecer soluciones personalizadas que optimizan el rendimiento del edificio sin necesidad de realizar grandes intervenciones estructurales.

## Referencias Bibliográficas

Arquitectura BIM 6D, la dimensión de la sostenibilidad. URL:

<https://blog.zeroconsulting.com/que-es-la-arquitectura-bim-6d>

[Consulta: Junio/10/2024]

¿Qué es la metodología BIM y qué beneficios aporta? URL:

<https://ingeoexpert.com/articulo/que-es-el-bim-y-a-que-se-debe-su-importancia/> [Consulta: Junio/10/2024]

CE3X. URL: <http://www.efinova.es/CE3X> [Consulta: Mayo/14/2024]

Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC). URL:

<https://www.codigotecnico.org/Programas/HerramientaUnificadaLIDERCALENER.html> [Consulta: Mayo/14/2024]

EnergyPlus. URL: <https://energyplus.net> [Consulta: Julio/4/2024]

gbXML. URL: <https://www.gbxml.org> [Consulta: Julio/4/2024]

Autodesk INSIGHT. URL: <https://www.espaciobim.com/autodesk-insight-360> [Consulta: Junio/5/2024]

Green Building Studio. URL: <https://gbs.autodesk.com/gbs> [Consulta: Junio/7/2024]

DesignBuilder. URL: <https://designbuilder.co.uk/> [Consulta: Junio/10/2024]

## Índice de Figuras

Figura 1. Modelo energético en Revit. Año 2024. Fuente propia .....	21
Figura 2. Análisis de Insight. Año 2024. Fuente propia .....	22
Figura 3. Simulación de escenarios en Insight. Año 2024. Fuente propia .....	22
Figura 4. Green Building Studio. Año 2024. Fuente propia .....	24
Figura 5. Interfaz Design Builder. Año 2024. Fuente: designbuilder-lat.com.....	26
Figura 6. Exportación gbXML. Año2024. Fuente: designbuilder.co.uk...	27
Figura 7. Interfaz OpenStudio. Año 2024. Fuente: blog.zeroconsulting.com .....	29
Figura 8. Vista 3D de parcela. 2024. Fuente propia .....	34
Figura 9. Planta baja de edificio. 2024. Fuente propia .....	35
Figura 10. Propiedades térmicas de teja cerámica. Año 2024. Fuente propia.....	41
Figura 11. Composición de cubierta. Año 2024. Fuente propia .....	42
Figura 12. Propiedades analíticas de cubierta. Año 2024. Fuente propia .....	42
Figura 13. Revit/Análisis/Optimización de energía. Año 2024. Fuente propia.....	43
Figura 14. Insight restaurante alquería. Año 2024. Fuente propia .....	43
Figura 15. Insight gráficos. Año 2024. Fuente propia.....	44
Figura 16. Comparativa de gráficos. Año 2024. Fuente propia .....	45
Figura 17. Comparación de rendimiento energético. 2024. Fuente propia .....	46
Figura 18. Orientación de edificio Insight. 2024. Fuente propia .....	49
Figura 19. Relación ventana-muro Insight. 2024. Fuente propia .....	50

Figura 20. Sombreado de ventanas Insight. 2024. Fuente propia.....	51
Figura 21. Tipos de vidrio Insight. 2024. Fuente propia .....	52
Figura 22. Tipo de muro Insight. 2024. Fuente propia .....	53
Figura 23. Tipo de cubierta Insight. 2024. Fuente propia .....	54
Figura 24. Comparación propuesta 1 en Insight. 2024. Fuente propia ..	56
Figura 25. Comparación propuesta 2 en Insight. 2024. Fuente propia ..	57
Figura 26. Tabla comparativa de propuestas. 2024. Fuente propia.....	58
Figura 27. Comparación de propuestas en Insight. 2024. Fuente propia .....	59

# Anexos

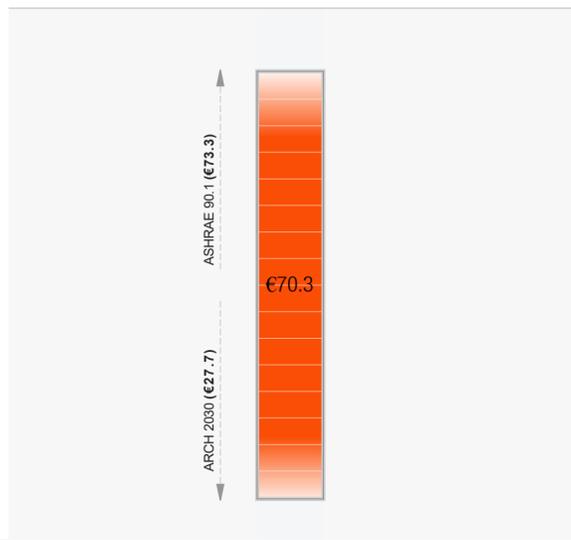
Anexo 1. Análisis de Insight proyecto base

Anexo 2. Análisis de Insight propuesta 1

Anexo 3. Análisis de Insight propuesta 2

Anexo 4. Planos

**Benchmark Comparison**  
EUR / m<sup>2</sup> / yr



**Model History**  
EUR / m<sup>2</sup> / yr

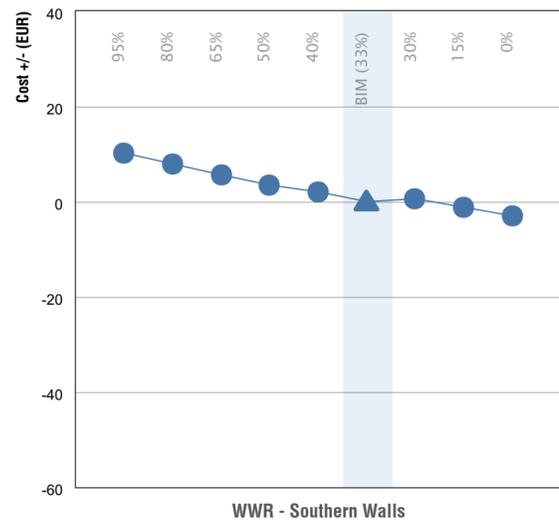


**Building Orientation**

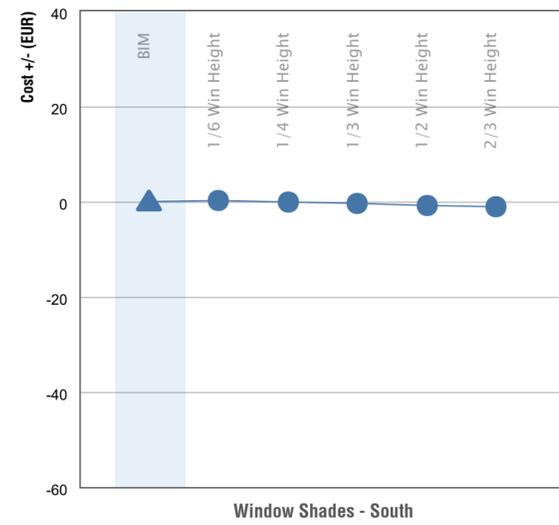
Rotates a building clockwise from 0 degrees, e.g. 90 degrees rotates the North side of the building to face East.

Current Setting:  
**BIM**

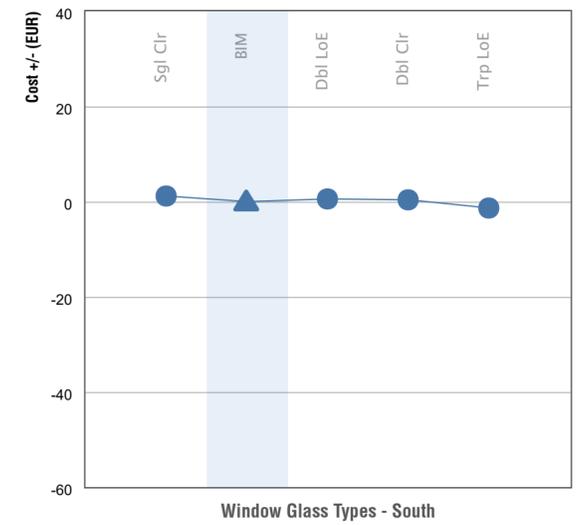
**WWR - Southern Walls**



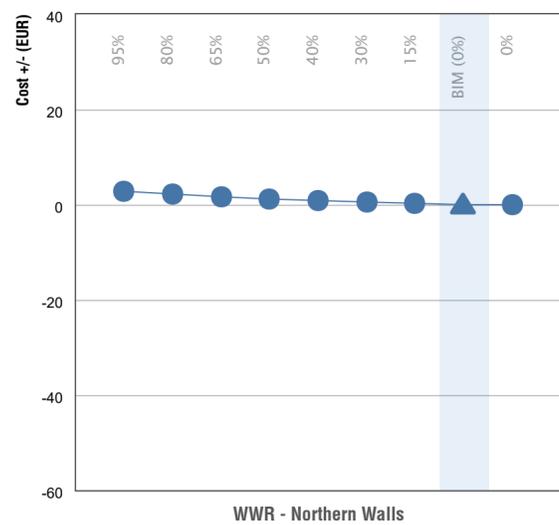
**Window Shades - South**



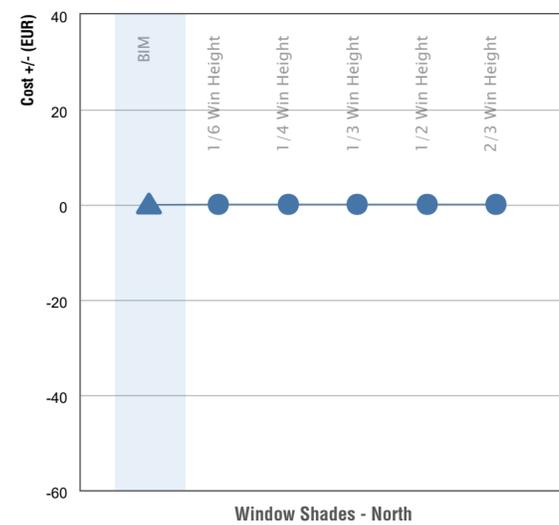
**Window Glass - South**



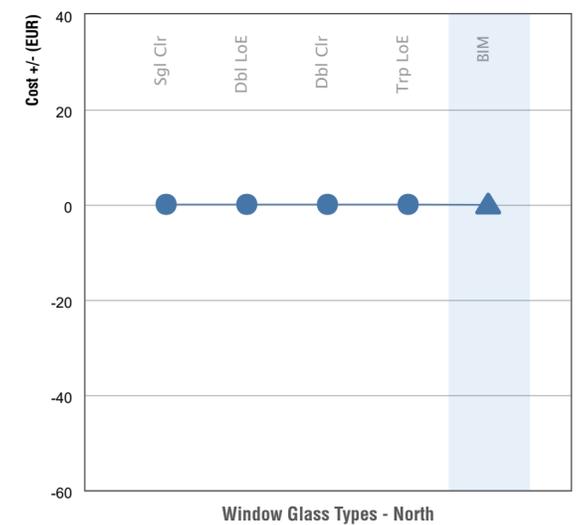
**WWR - Northern Walls**



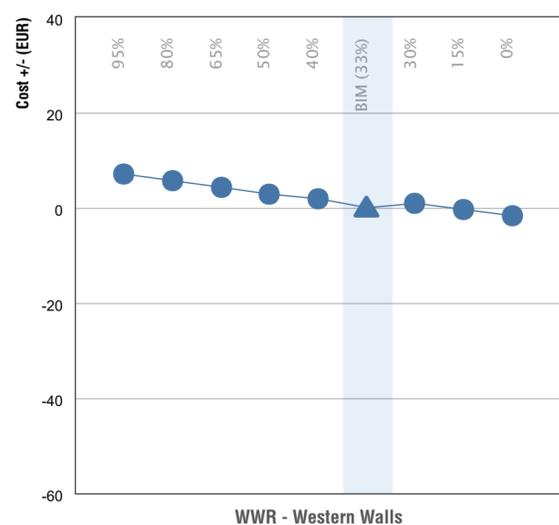
**Window Shades - North**



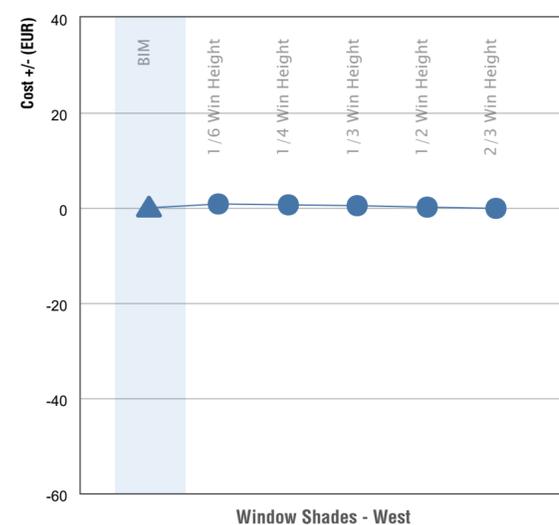
**Window Glass - North**



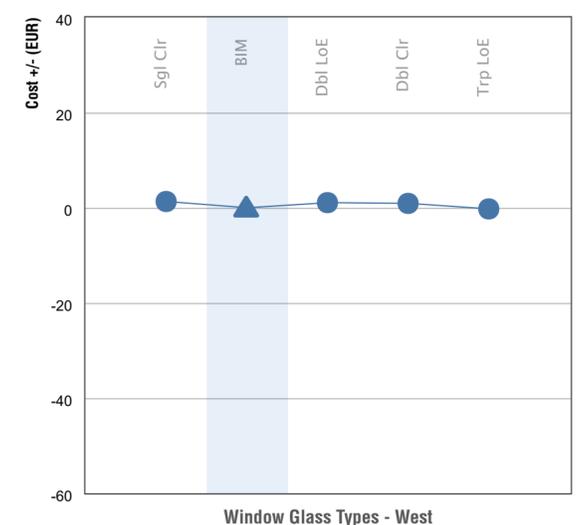
**WWR - Western Walls**



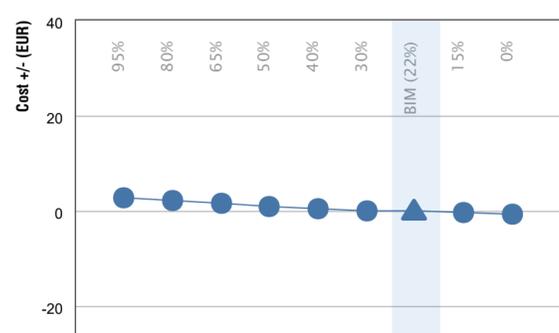
**Window Shades - West**



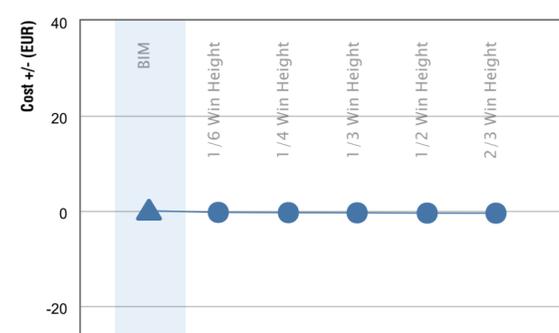
**Window Glass - West**



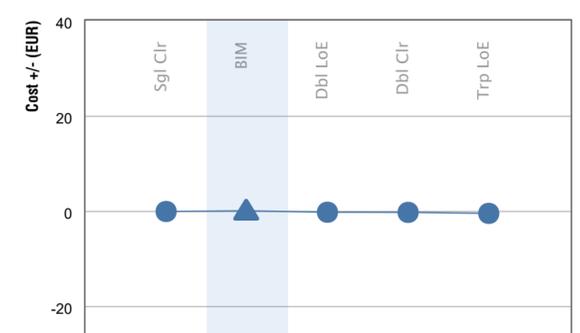
**WWR - Eastern Walls**

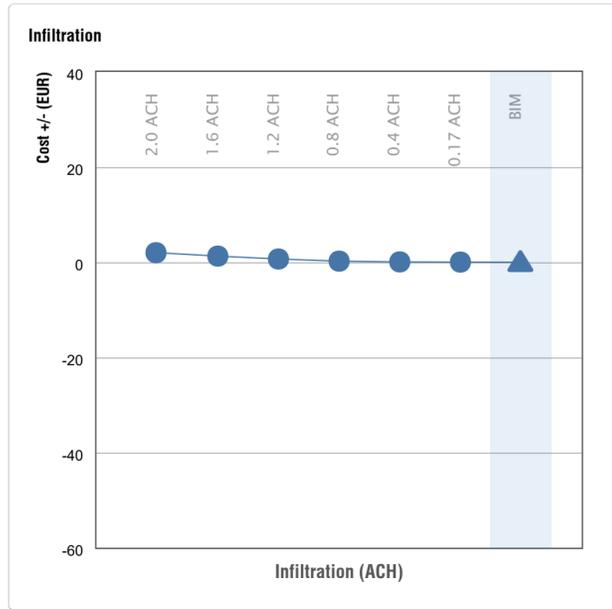
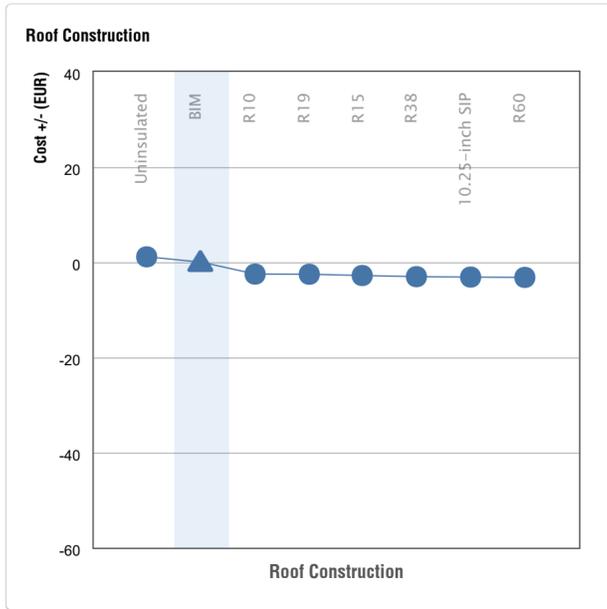
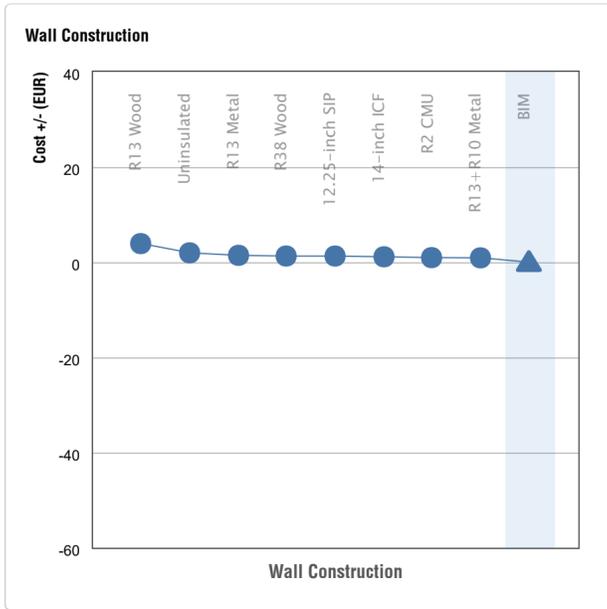
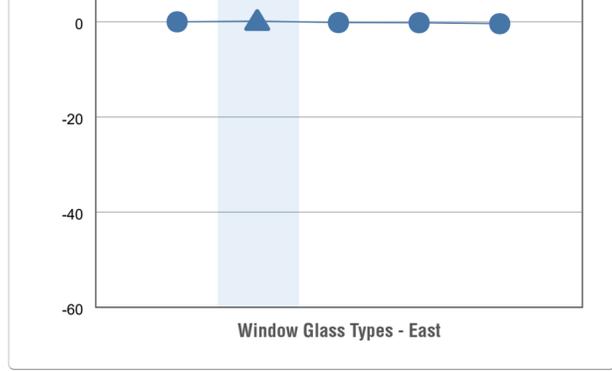
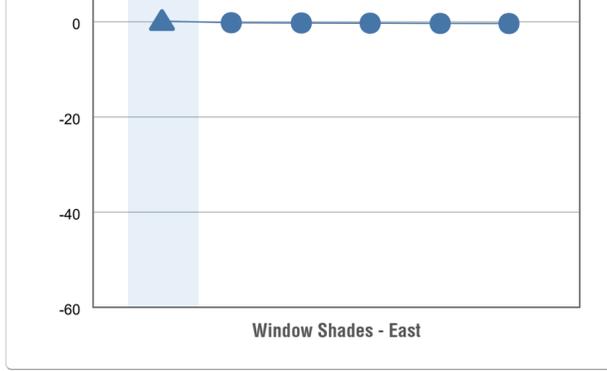
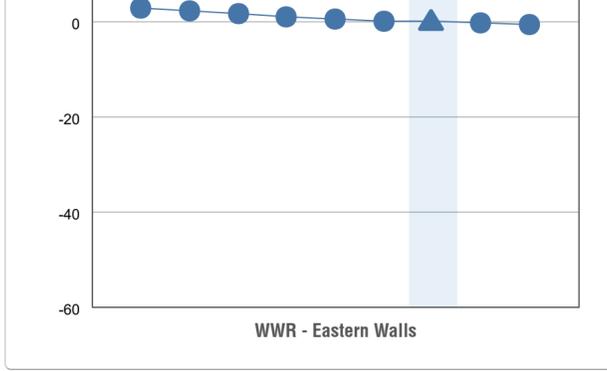


**Window Shades - East**



**Window Glass - East**





### Lighting Efficiency

Represents the average internal heat gain and power consumption of electric lighting per unit floor area.

Current Setting:  
**BIM**

### Daylighting & Occupancy Controls

Represents typical daylight dimming and occupancy sensor systems.

Current Setting:  
**BIM**

### Plug Load Efficiency

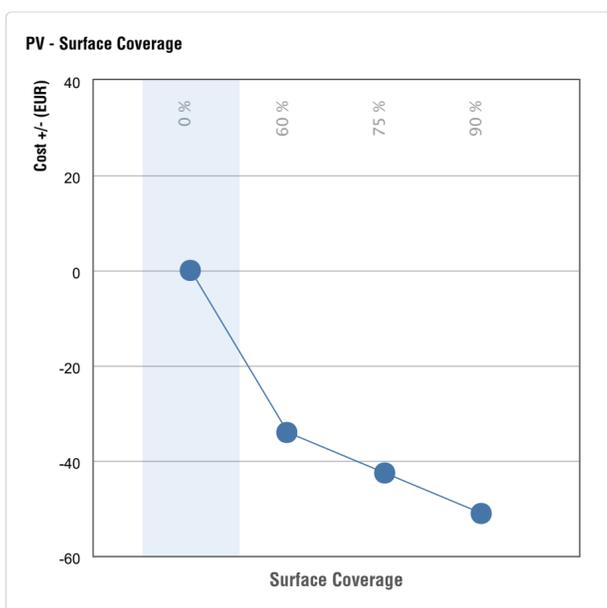
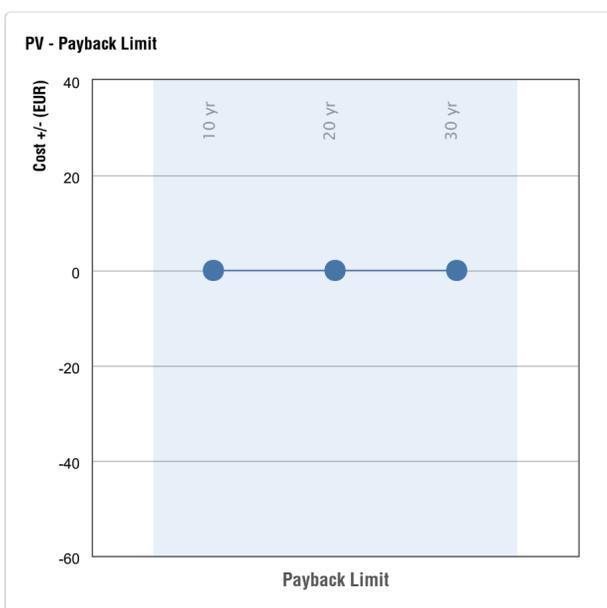
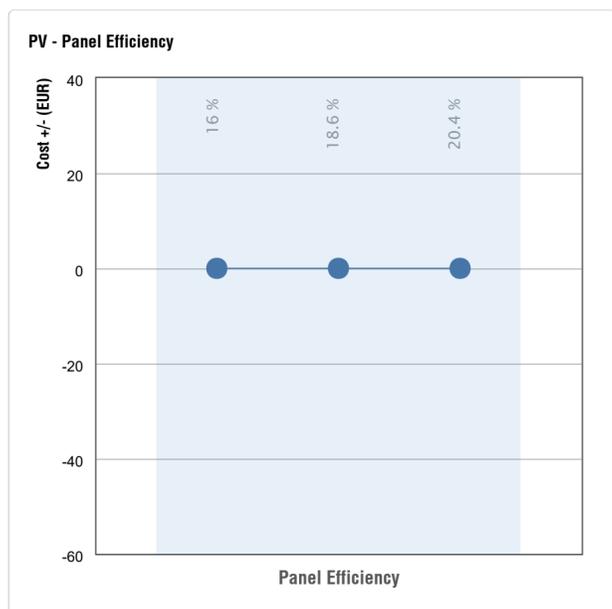
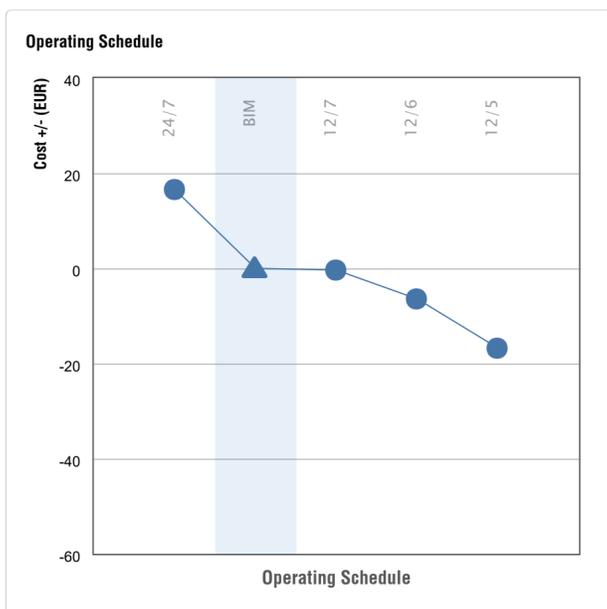
The power used by equipment i.e. computers and small appliances; excludes lighting or heating and cooling equipment.

Current Setting:  
**BIM**

### HVAC

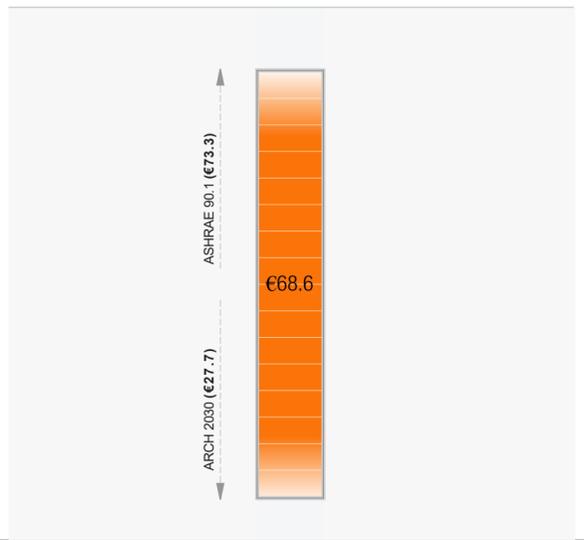
Represents a range of HVAC system efficiency which will vary based on location and building size.

Current Setting:  
**BIM**



### Benchmark Comparison

EUR / m<sup>2</sup> / yr



### Model History

EUR / m<sup>2</sup> / yr



## Building Orientation

Rotates a building clockwise from 0 degrees, e.g. 90 degrees rotates the North side of the building to face East.

Current Setting:

**BIM**

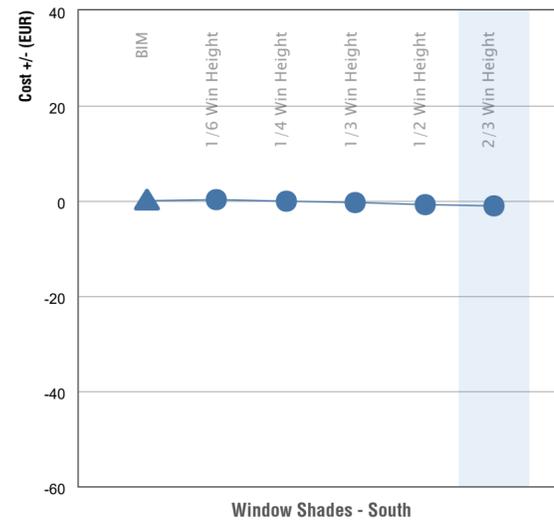
## WWR - Southern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (33%)**

### Window Shades - South



## Window Glass - South

Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:

**BIM**

## WWR - Northern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (0%)**

## Window Shades - North

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:

**BIM**

## Window Glass - North

Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:

**BIM**

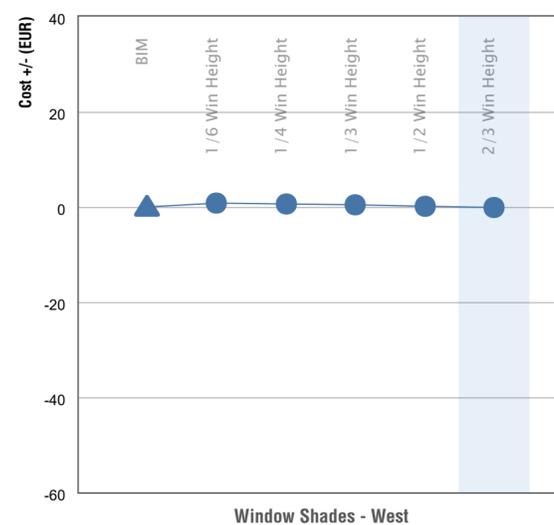
## WWR - Western Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (33%)**

### Window Shades - West



## Window Glass - West

Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:

**BIM**

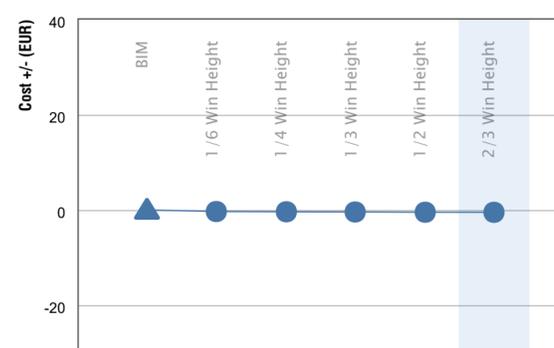
## WWR - Eastern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (22%)**

### Window Shades - East



## Window Glass - East

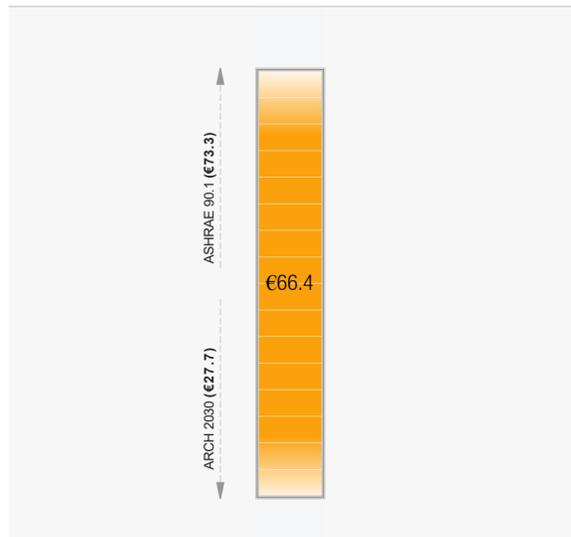
Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:

**BIM**

### Benchmark Comparison

EUR / m<sup>2</sup> / yr



### Model History

EUR / m<sup>2</sup> / yr



## Building Orientation

Rotates a building clockwise from 0 degrees, e.g. 90 degrees rotates the North side of the building to face East.

Current Setting:

**BIM**

## WWR - Southern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (33%)**

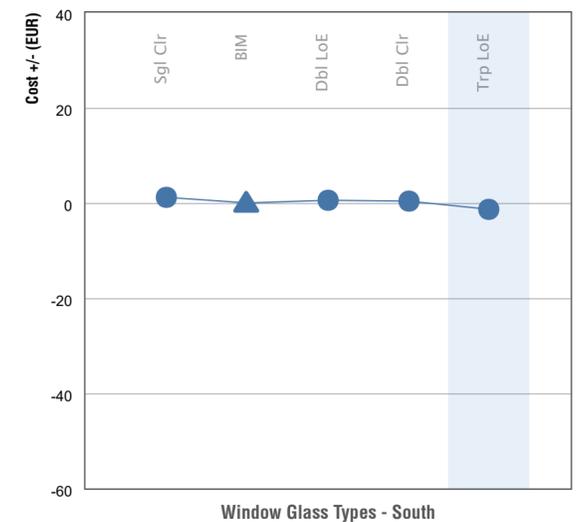
## Window Shades - South

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:

**BIM**

Window Glass - South



## WWR - Northern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (0%)**

## Window Shades - North

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:

**BIM**

## Window Glass - North

Glass properties control the amount of daylight, heat transfer & solar heat gain into the building, along with other factors.

Current Setting:

**BIM**

## WWR - Western Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (33%)**

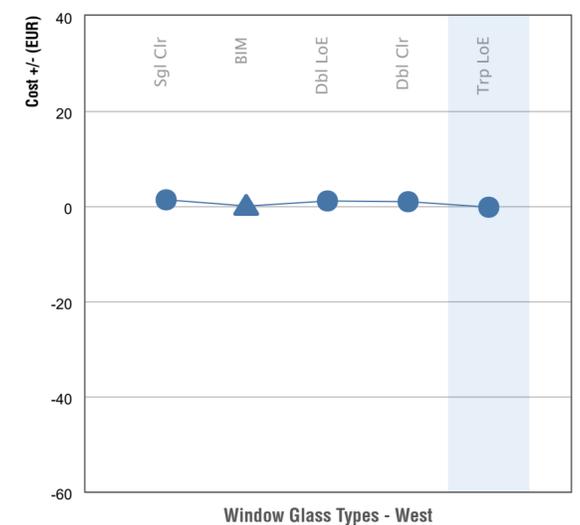
## Window Shades - West

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:

**BIM**

Window Glass - West



## WWR - Eastern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

Current Setting:

**BIM (22%)**

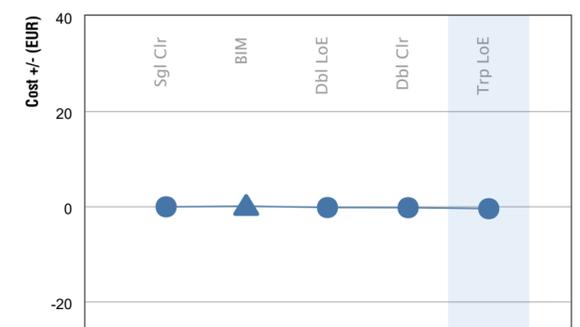
## Window Shades - East

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:

**BIM**

Window Glass - East



## WWR - Eastern Walls

Window-Wall-Ratio (glazing area / gross wall area) interacts with window properties to impact daylighting, heating & cooling.

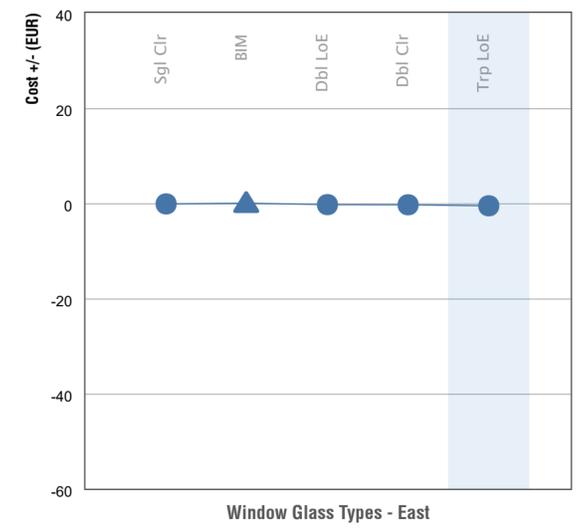
Current Setting:  
**BIM (22%)**

## Window Shades - East

Shades can reduce HVAC energy use. The impact depends on other factors, such as window size and solar heat gain properties.

Current Setting:  
**BIM**

Window Glass - East

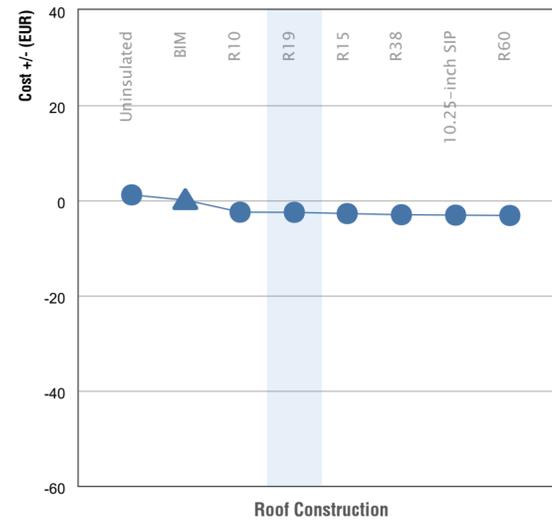


## Wall Construction

Represents the overall ability of wall constructions to resist heat losses and gains.

Current Setting:  
**BIM**

Roof Construction



## Infiltration

The unintentional leaking of air into or out of conditioned spaces; often due to gaps in the building envelope.

Current Setting:  
**BIM**

## Lighting Efficiency

Represents the average internal heat gain and power consumption of electric lighting per unit floor area.

Current Setting:  
**BIM**

## Daylighting & Occupancy Controls

Represents typical daylight dimming and occupancy sensor systems.

Current Setting:  
**BIM**

## Plug Load Efficiency

The power used by equipment i.e. computers and small appliances; excludes lighting or heating and cooling equipment.

Current Setting:  
**BIM**

## HVAC

Represents a range of HVAC system efficiency which will vary based on location and building size.

Current Setting:  
**BIM**

## Operating Schedule

The typical hours of use by building occupants.

Current Setting:  
**BIM**

## PV - Panel Efficiency

The percentage of the sun's energy that will be converted to AC energy. Higher efficiency panels cost more, but produce more energy for the same surface area.

Current Setting:  
**16 % - 20.4 %**

## PV - Payback Limit

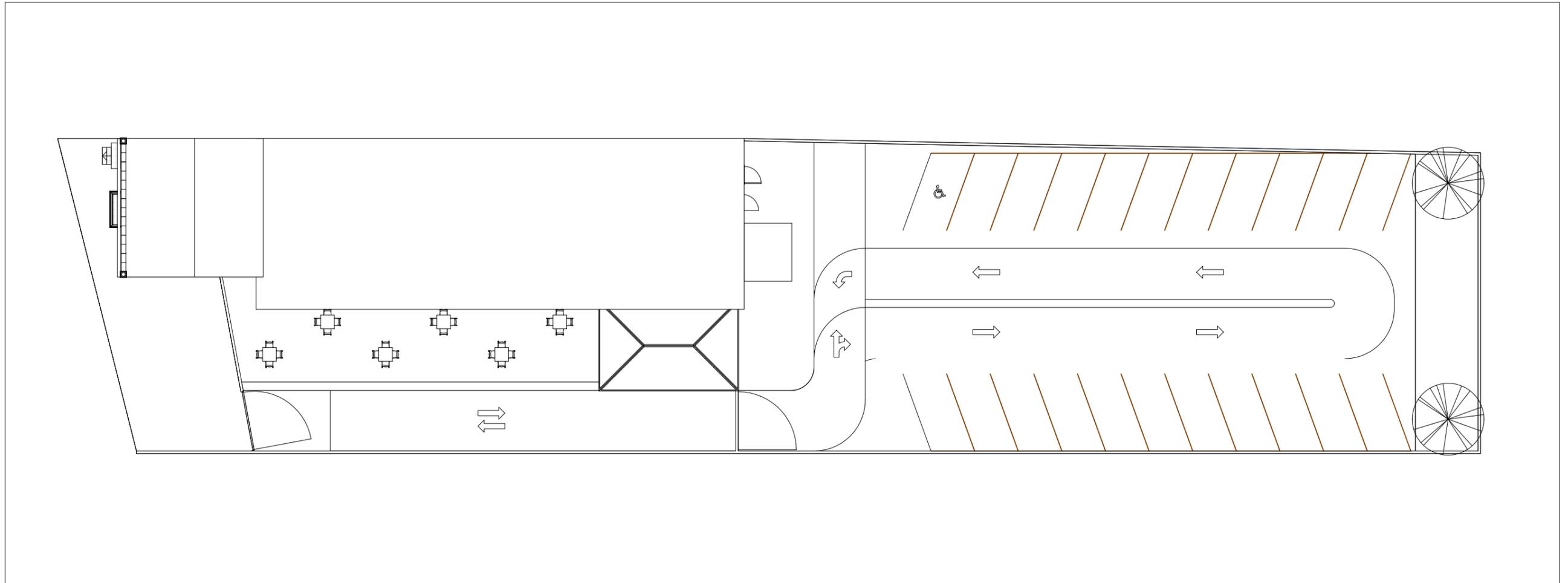
Use the payback period to define which surfaces will be used for the PV system. Surfaces with shading or poor solar orientation may be excluded.

Current Setting:  
**10 yr - 30 yr**

## PV - Surface Coverage

Defines how much roof area can be used for PV panels, assuming area for maintenance access, rooftop equipment and system infrastructure.

Current Setting:  
**0 %**



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## PROYECTO

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

## SITUACIÓN

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

Nº PLANO

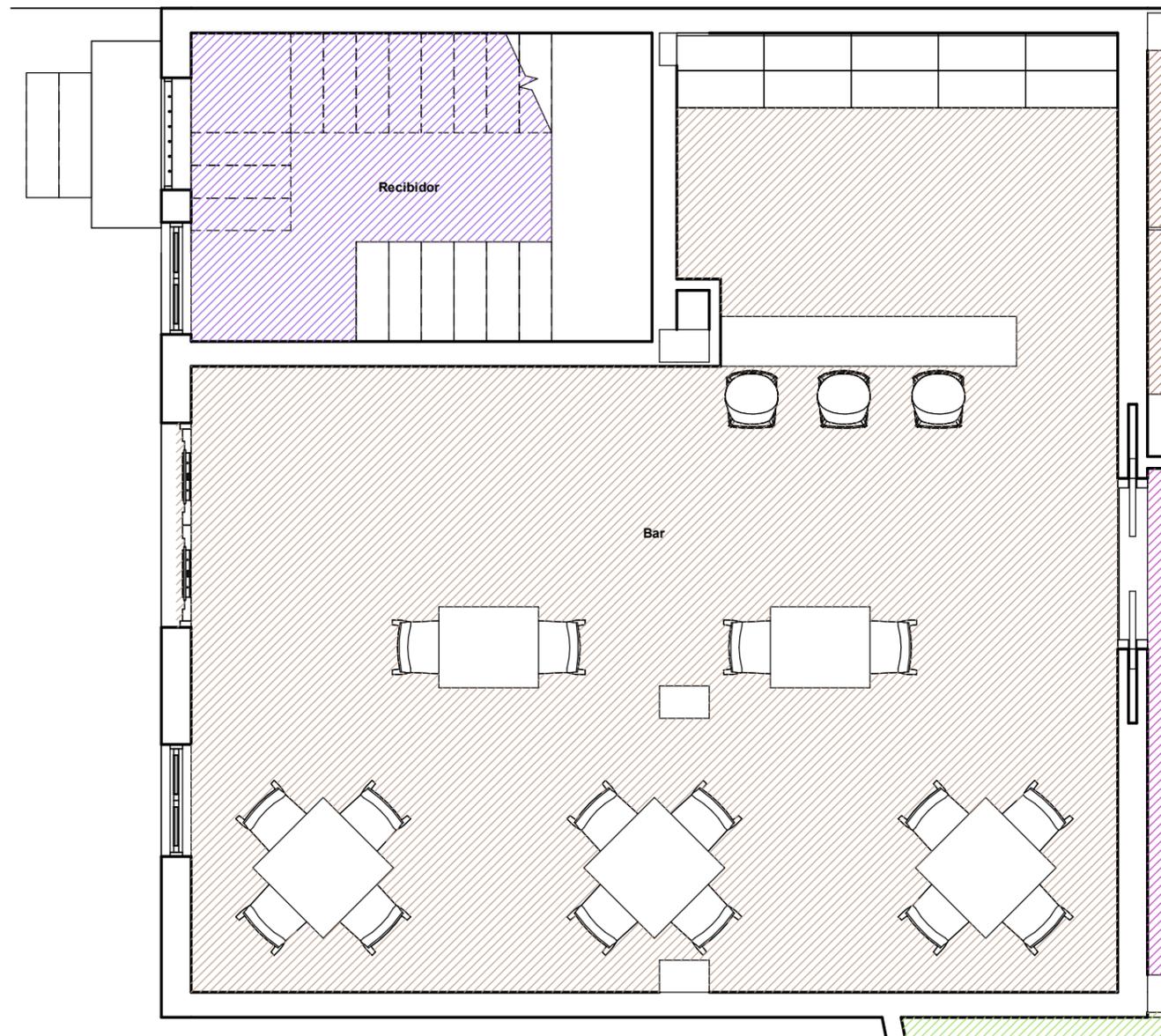
**01.01.00**

ESCALA

**1 : 250**

NOMBRE DE PLANO

Situación



**Legenda Nombres**

-  Aseo Mujeres
-  Bar
-  Comedor
-  Recibidor
-  Terraza



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**SITUACIÓN**

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

**NOMBRE**

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

**01.02.00**

ESCALA

**1 : 50**

NOMBRE DE PLANO

Distribución Bar



- Legenda Nombres**
- Almacén residuos
  - Aseo Disc.
  - Aseo Hombres
  - Aseo Mujeres
  - Bar
  - Cocina
  - Comedor
  - Despensa
  - Distribuidor
  - Distribuidor aseos
  - Parque infantil
  - Reservado
  - Terraza
  - Vest. Hombres
  - Vest. Mujeres
  - Vestibulo cocina
  - Área Lavado
  - Área Sucia



UNIVERSITAT  
POLITÀCNICA  
DE VALÈNCIA

**PROYECTO**

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

**SITUACIÓN**

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

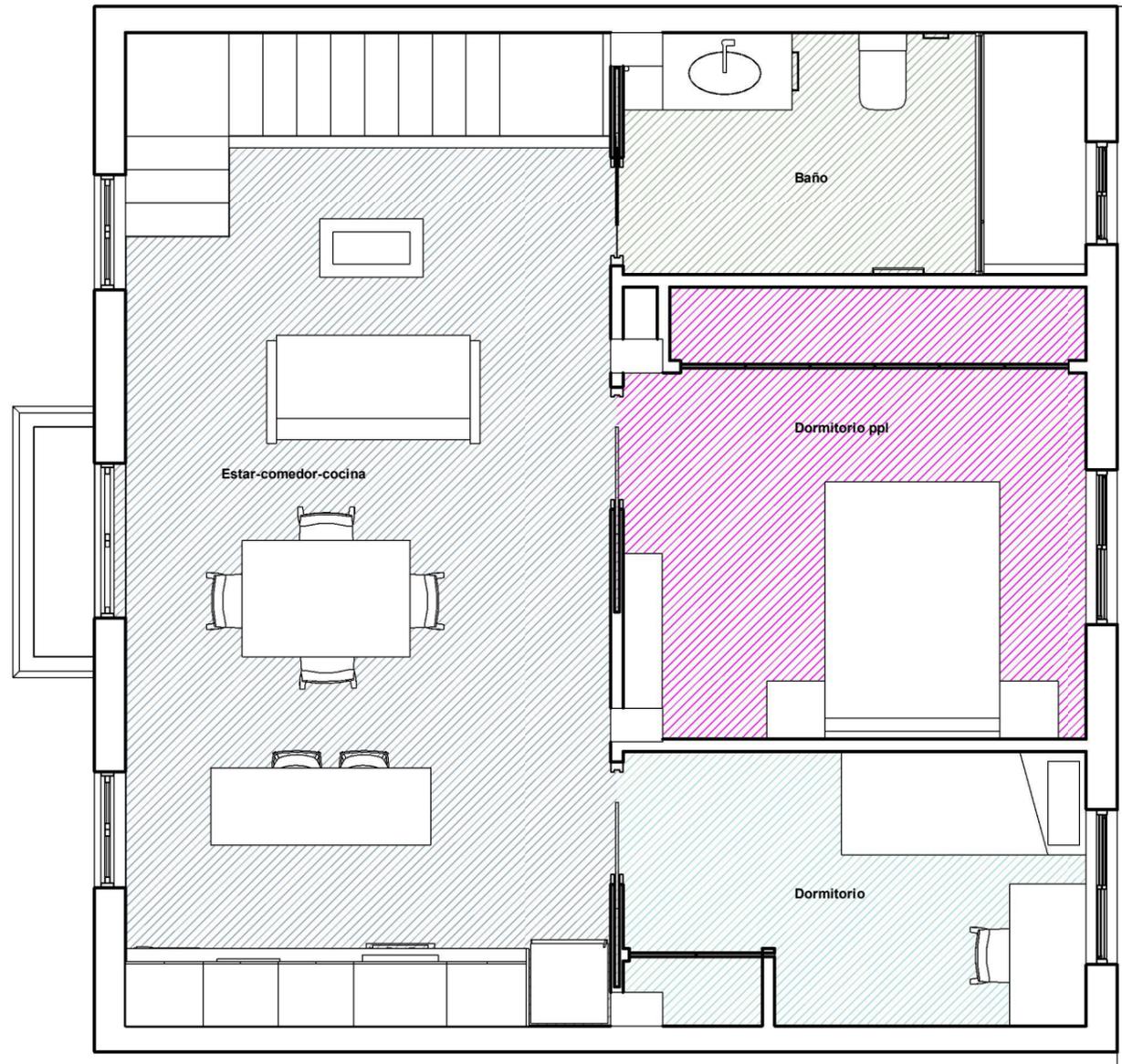
**01.02.01**

NOMBRE DE PLANO

Distribución Restaurante

ESCALA

**1 : 50**



**Legenda Nombres**

-  Baño
-  Dormitorio
-  Dormitorio ppl
-  Estar-comedor-cocina



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

**SITUACIÓN**

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

**NOMBRE**

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

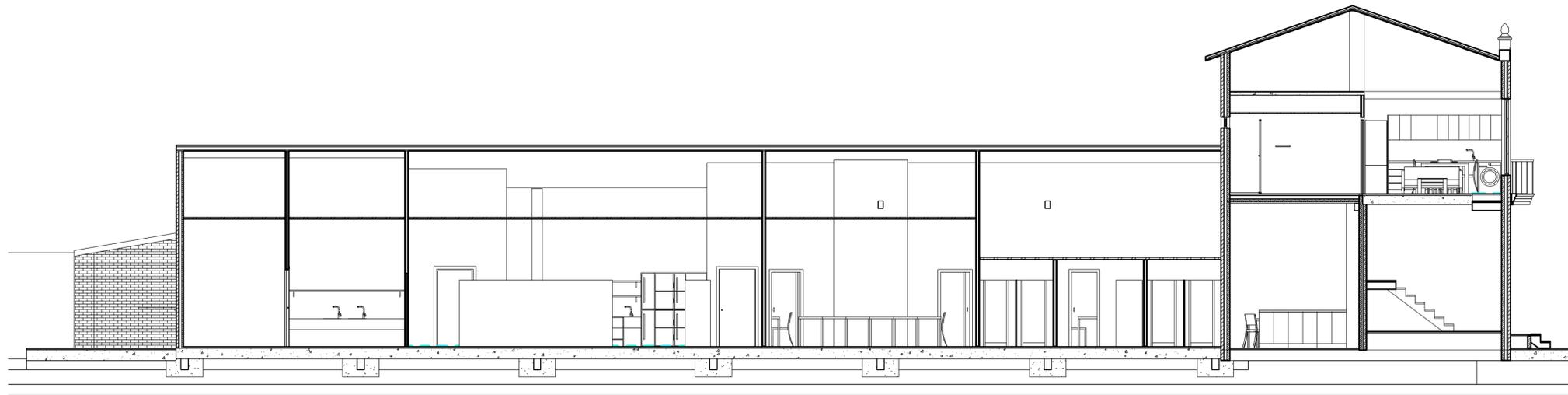
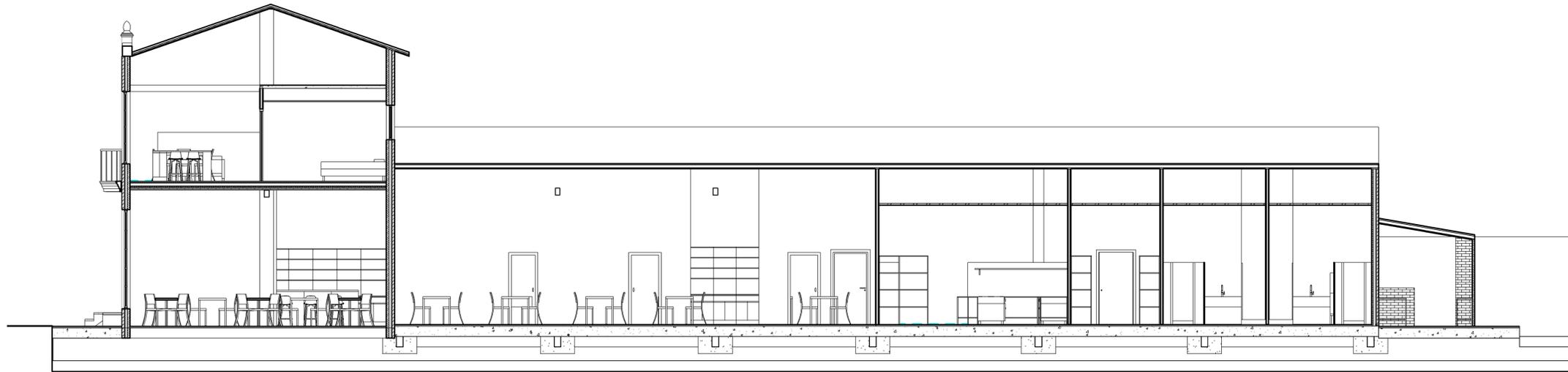
**01.02.02**

ESCALA

**1 : 50**

NOMBRE DE PLANO

Distribución Vivienda



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

PROYECTO

Carrera de la Font d'en Cortis, nº79 46013  
Valencia

SITUACIÓN

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

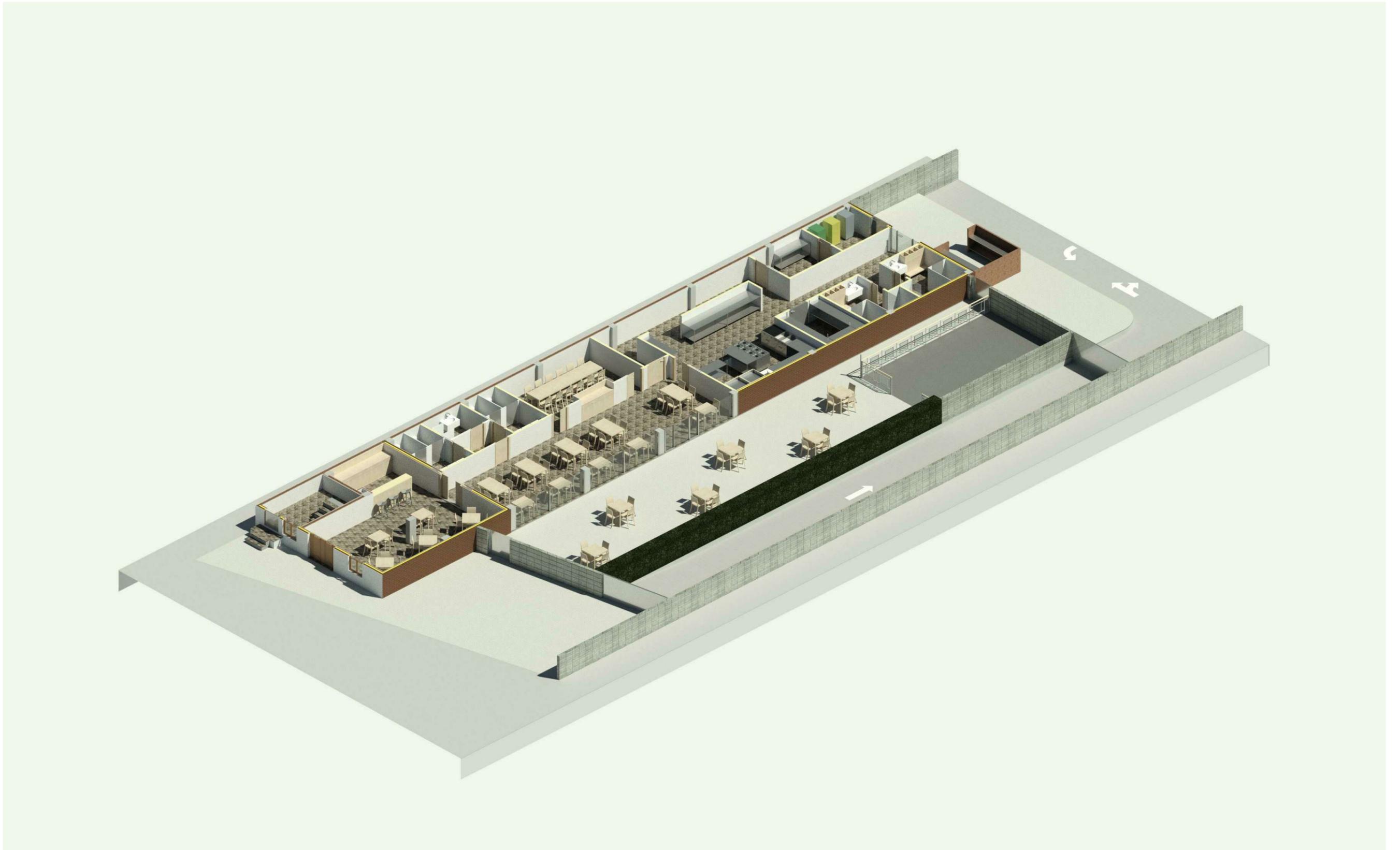
01.03.00

NOMBRE DE PLANO

Sección Longitudinal

ESCALA

1 : 75



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## SITUACIÓ

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

## NOMBRE

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

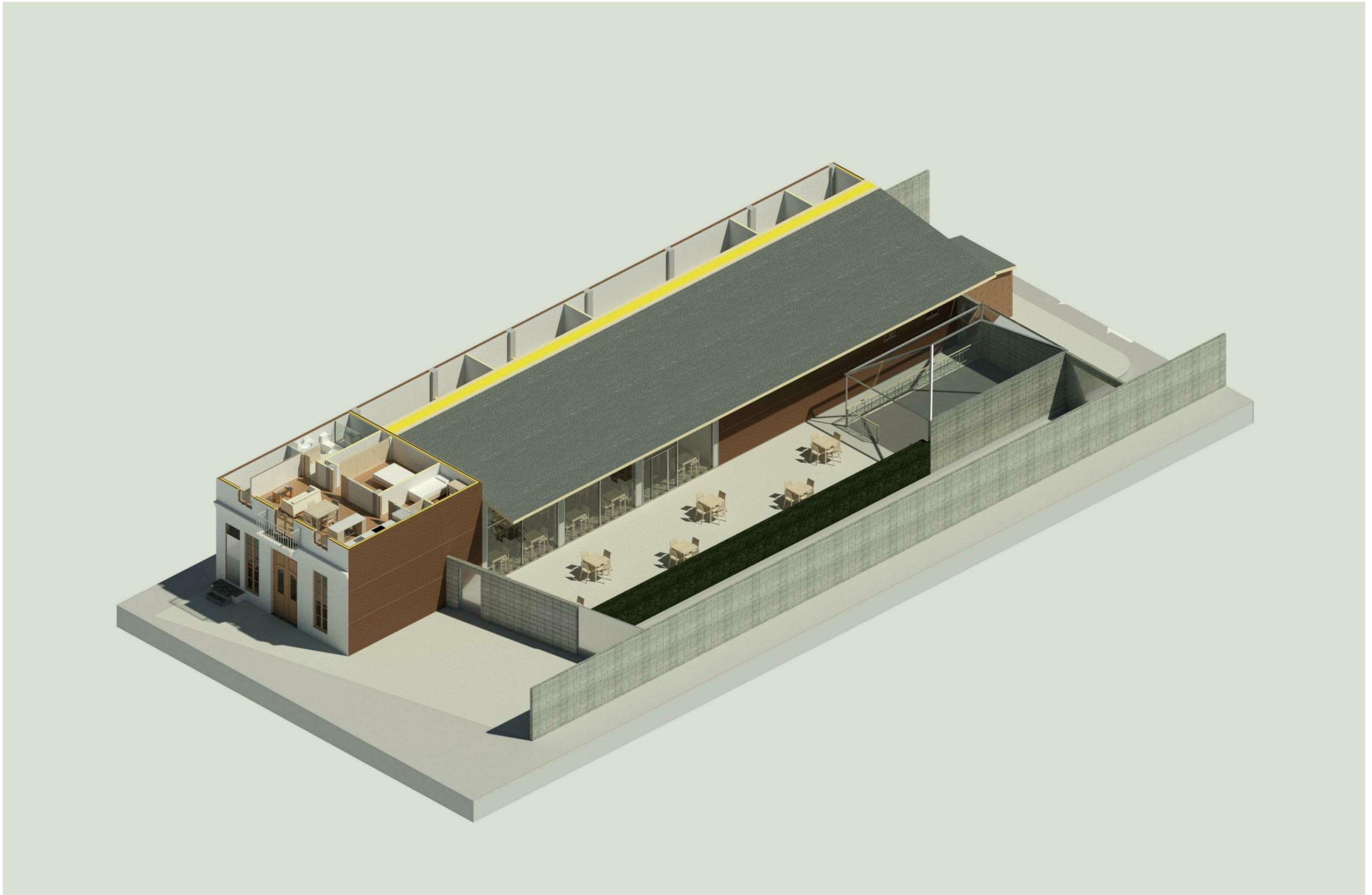
01.04.00

ESCALA

1 : 1

NOMBRE DE PLANO

Perspectiva P. Baja exterior



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

## SITUACIÓ

Carrera de la Font d'en Corts, nº79 46013  
Valencia

## NOMBRE

Antonio Navarro Sonlleva

Nº PLANO

01.04.01

ESCALA

1 : 1

NOMBRE DE PLANO

Perspectiva P. Primera exterior