

ARQUITECTURA EFICIENTE

Edificio El Rondo de Markus Perenthaler

Graz (Austria), S.XXI

Tfg: Trabajo Final de Grado_Ert: Escuela Técnica Superior de Arquitectura de València

Curso: 2018-2019 Autor: Teresa Lara Sánchez de Puerta_Tutor: Jesús Navarro Morcillo



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Titulación: Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Universitat Politècnica de València

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dedicar este trabajo a mis padres, mis grandes pilares durante este camino. Gracias a su esfuerzo y su apoyo incondicional, me han ayudado a cumplir un sueño; ser arquitecto.

Gracias a mi padre, a mi ejemplo a seguir, por todos los consejos, por prestarme su ayuda siempre, por su paciencia, por enseñarme cada día algo nuevo y por compartir conmigo esta gran pasión: la arquitectura.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi tutor Jesús Navarro Morcillo su disposición para ayudarme a realizar este trabajo, puesto que no habría sido posible sin él.

Por otra parte, quiero agradecer, en especial, al arquitecto Markus Pernthaler y a los ingenieros Peter Connert y Horst Robert Fickel su contribución a este trabajo. Por haberme facilitado una documentación importantísima, por su entrega, por su profesionalidad, por su cultura, por su amabilidad...por todo, ¡gracias!

Asimismo, mi agradecimiento al personal de gerencia de urbanismo de Graz, los cuales fueron muy amables en mostrarme documentación histórica sobre el lugar. También a Ernst Rainer, profesor de urbanismo de la Universidad Tecnológica de Graz, por haberme acompañado a realizar algunas gestiones y conseguir que me facilitaran más información.

Al personal responsable de la biblioteca de la Universidad Tecnológica de Graz, los cuales me han ayudado en la búsqueda de información sobre este edificio.

Gracias al apoyo de todos mis seres queridos que han vivido este trabajo a mi lado y que siempre me han dado ánimos y fuerzas para llegar hasta el final. Sin ellos, todo hubiese sido mucho más difícil.

Por último, darles las gracias a todas las personas que directa o indirectamente han ayudado a la elaboración del presente Trabajo Final de Grado.

¡Muchísimas gracias a todos!

RESUMEN

Alejandro Zaera decía en una de sus muchas conferencias, haciendo referencia al libro de Naomi Klein "Capitalismo vs. Clima", que quien resolviese esa ecuación, controlaría el mundo. Y lo decía ante un público formado esencialmente por estudiantes de arquitectura. Y es que, no en vano, la energía y el gasto que supone levantar y mantener un edificio, no se mide en pequeñas sino en grandes cifras; su impacto medioambiental alcanza elevadas cuotas y por ello, el arquitecto es una pieza clave en el delicado juego del futuro del planeta.

En la incógnita de Klein reside el pasado, el presente y especialmente el futuro de la arquitectura: en el equilibrio entre la calidad y la necesidad, entre el arte y la construcción, entre el cuadrado de un ingeniero y el icosaedro de un arquitecto.

En este trabajo, esta "lucha" se pone de manifiesto en un edificio concreto: El Rondo. Se trata de una construcción del arquitecto Markus Perenthaler ubicada en Graz (Austria), cuyo tratamiento de la energía y del espacio la convierten en un ejemplo a seguir.

Es por ello por lo que el trabajo se centra en el estudio y análisis de la eficiencia energética del edificio, así como las técnicas y soluciones constructivas empleadas en la realización de los diferentes espacios habitables y de trabajo, que hacen de este edificio un icono de su ciudad.

Por último, se concluye con una reflexión sobre la importancia del diseño sostenible e inteligente en el marco de la arquitectura del siglo XXI y el papel que puede llegar a desempeñar en el futuro de la profesión.

Palabras clave: Eficiencia Energética, Viviendas pasivas, Markus Perenthaler, Graz,Rondo.

ABSTRACT

Alejandro Zaera, by making a reference to Naomi Klein's book "Capitalism vs. Climate", said in one of his many conferences that whoever would solve that equation, would control the world. He said this in front of an audience that was mainly composed of architecture students. And with good reason, since the energy and cost of constructing and maintaining a building is a matter of big rather than small numbers; its environmental impact can reach a high degree of importance, which is why the architect is a key player within this delicate game of the future of the planet.

It is within this unknown of Klein that lie the past, present and particularly the future of architecture: within the equilibrium between quality and need, art and construction, an engineer's square and an architect's icosahedron.

In the present paper, this "struggle" is brought to light by a specific building: El Rondo. Made by the architect Markus Pernthaler and located in Graz (Austria), it is a construction whose way of dealing with the energy and space make of it an example for others to follow.

This is why this paper focuses on the study and analysis of the building's energetic efficiency, as well as on the techniques and constructive solutions used for the making of the different habitable and working spaces that make of this building an icon of its city.

Finally, there is a conclusion with a thought about the importance of the sustainable and intelligent design within the framework of the 21st Century's architecture and the role that it could play in the future of the profession.

Key words: energetic efficiency, passive houses, Markus Pernthaler, Graz, El Rondo.

INDICE

INTRODUCCIÓN	10
OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO 01: ANTECEDENTES	
1.1 El antiguo Grazer Marienmühle: Sobre el molino y sus múltiples propietarios	12
1.2 Participantes involucrados: El encargo de la familia Sorger al arquitecto Markus Pernthaler	14
1.3 Sobre el arquitecto.	15
CAPITULO 02: EL RESURGIR DE UN NUEVO PROYECTO EN LA CIUDAD DE GRAZ	
2.1 Emplazamiento y relación con la ciudad	16
2.2 Relación e integración con su entorno cercano	18
2.3 Un nuevo icono para el distrito de Lend	19
CAPÍTULO 03: EL RONDO DE MARKUS PERNTHALER, COMO UN NUEVO CONCEPTO DE ARQUITECTURA EN SU TIEMPO: “VIDA INTELIGENTE”	
3.1 El proyecto: breve descripción	20
3.2 Toma de contacto con el terreno y problemas a afrontar	22
3.3 Estructura	24
3.4 Programa	28
3.5 Comunicación vertical y horizontal dentro del edificio	29
3.6 Distribución de espacios	30
3.7 La fachada: estudio compositivo	36
3.7.1 Fachada A	
3.7.2 Fachada B	
3.7.3 Fachada C	

CAPÍTULO 04: LA INFLUENCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROYECTO

4.1 La concienciación y desarrollo del ahorro energético en Austria.	42
4.2 Concepto de eficiencia energética y casa pasiva.	43
4.3 Eficiencia en el Rondo	44
4.4 Suministro de energía en el Rondo	45
4.5 Energías renovables en el Rondo	48
4.5.1 Geotermia	48
4.5.1.1 ¿Qué se entiende por energía geotérmica?	
4.5.1.2 ¿Cómo se extrae la energía?	
4.5.1.3 Sistema de geotermia de muy baja entalpía	
4.5.1.4 Sistema de geotermia empleado en el Rondo	
4.5.1.5 Uso en el interior del edificio	
4.5.1.6 Ahorro que supone	
4.5.2 Paneles solares de Tubos al vacío	52
4.5.2.1 Uso en el interior del edificio	
4.5.1.2 Características e inversión	
4.5.3 Garaje mecanizado	56
4.5.3.1 Funcionamiento	
4.5.3.2 Concepto de energía	
4.5.3.3 Ahorro que supone-Resumen	
4.5.3.4 Esquema de cableado	
4.5.4 Luminotecnia	62
4.5.4.1 Luminaria empleada-LEDS	
4.5.4.2 Sensores de luz	
4.5.4.3 Sensores de movimiento	
4.5.5 Otros recursos empleados	63
4.5.5.1 Diseño de lámpara para oficina	
4.5.5.2 Sistema KNX	
ENTREVISTAS AL ARQUITECTO MARKUS PERNTHALER	66
CONCLUSIONES	72
VALORACIÓN PERSONAL	73
BIBLIOGRAFÍA	74
ÍNDICE DE IMÁGENES	76

INTRODUCCIÓN

El presente Trabajo Final de Grado trata de realizar un estudio del edificio Rondo: un proyecto multifuncional de seis pisos de altura, ubicado en la ciudad de Graz (Austria), a fin de poner en valor su eficiencia tanto funcional como energética.

Para ello, se estudiará el lugar, y cómo ha ido evolucionando a lo largo de los años. Un emplazamiento atravesado por un arroyo se convertirá en una de las bases del proyecto.

Se estudiará la composición y razón de ser de cada elemento que conforma el edificio y las soluciones que los técnicos involucrados emplearon según las necesidades con las que se encontraba (problemas estructurales, ruido, nivel freático...)

Por otro lado, se analizarán los recursos energéticos empleados a fin de lograr casas pasivas. Para ello, se conservarán partes de la estructura del subsuelo del antiguo edificio, donde se instalarán sistemas de generación de energía renovable.

Con este estudio se pretende poner en valor la importancia de la eficiencia en un edificio y cómo esta facilita la vida a sus habitantes. Con ello, se busca concienciar sobre la importancia de la eficiencia energética, la cual supone una oportunidad de ahorro y debería considerarse una prioridad en nuestros días.

La elección de este tema, en primer lugar, se debe a mi relación con la ciudad de Graz, puesto que allí cursé mi quinto año de carrera; en segundo lugar, a mi pasión por la eficiencia energética y la calidad espacial. Para mí, es muy importante que la arquitectura ayude a mejorar y facilitar la vida de los habitantes, tanto en términos energéticos como en lo que respecta al diseño.

Es por ello por lo que el Rondo captó mi atención y despertó mi curiosidad acerca de qué se escondía tras esa gran fachada con forma peculiar, y qué razón de ser tenía. Esto me llevó a investigar un poco más y descubrir lo que el edificio escondía.

Por lo tanto, con este trabajo, trato de recopilar toda la documentación existente, agrupándola y analizándola, con el fin de obtener un estudio completo sobre este edificio.

Así, el trabajo se organiza en cinco capítulos:

- Antecedentes del emplazamiento y de su evolución a lo largo de los años.
- Origen del proyecto y resurgir de su emplazamiento en la ciudad.
- Análisis del proyecto Rondo, impacto en la ciudad.
- La eficiencia energética en el proyecto y los recursos empleados.
- Conversación con el arquitecto autor del proyecto.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo fundamental del estudio es conocer, analizar y aprender del edificio Rondo de Graz, diseñado por Markus Pernthaler.

Para ello, se establecen dos objetivos principales.

- Estudiar y analizar el contexto y las circunstancias que han hecho posible el nacimiento de este proyecto.
- En segundo, la importancia de la eficiencia energética y su repercusión en esta arquitectura.

A nivel metodológico se ha realizado una búsqueda bibliográfica y documental relativa a la evolución que ha sufrido el lugar de emplazamiento, hasta llegar a ser el edificio que va a ser objeto de estudio, así como una recopilación de información en páginas web especializadas sobre el proyecto en sí. Por otra parte, se han consultado revistas de arquitectura, referentes al arquitecto Markus Pernthaler.

Gran parte de la documentación obtenida se ha conseguido mediante la consulta de archivos:

- Archivo Colegio Oficial de Arquitectos de Graz
- Archivo Histórico Municipal de Graz
- Archivos del propio arquitecto Markus Pernthaler
- Archivo del ingeniero Peter Connert.

Por otro lado, se han tenido varias conversaciones vía e-mail y reuniones con los técnicos involucrados en el proyecto:

Dueño del edificio: Constructora ÖWGES
Ingenieros de estructura: Eisner ZT GmbH y DI Peter Connert.
Electricidad: Ingenieurbüro Fickel.
Tecnología de las viviendas: DIE HAUSTECHNIKER Technisches Büro GmbH.
Integración con el Paisaje: koala Landschaftsarchitektur.
Iluminación: Bartenbach GmbH.

En lo concerniente a la parte histórica urbanística del edificio, se ha consultado a los servicios técnicos de planeamiento, en el departamento de planeamiento y gestión urbanística del Ayuntamiento de Graz.

También se ha realizado una entrevista personal al arquitecto Markus Pernthaler y el ingeniero Peter Connert.

Por último, se ha visitado el edificio a estudiar, efectuando una toma de datos y un reportaje fotográfico de su estado actual.

CAPÍTULO 01: ANTECEDENTES

1.1 El antiguo Grazer Marienmühle: Sobre el molino y sus múltiples propietarios.

En el siglo XV, en la ciudad de Graz (Austria), un espacio de 8000 m² atravesado por el arroyo Mühlgang, fue adquirido por la familia aristócrata Eggenberger, para la construcción de un gran molino. Este, se convirtió en un icono de la ciudad al ser el primer molino de la región de Estiria, convirtiéndose en uno de los primeros edificios industriales en Graz.

Entre los años 1850 y 1870, el molino sufrió diversas ampliaciones, hasta que, en 1898, fue comprado por el consorcio de jóvenes panaderos Jüngerer Bäckermühl, fundado en 1848. Estos explotaron el molino hasta 1926, cuando fue adquirido por la familia Sorger y bautizado con el nombre de Marienmühle.

Dos años más tarde, en 1928, hubo un gran cambio en el molino: La rueda de agua fue eliminada siendo sustituida por una turbina, la cual generaba energía eléctrica. Con ello, el molino dispuso de su propia central hidroeléctrica, convirtiéndose en una gran fábrica.

61 años más tarde, en 1989, la fábrica cesó sus operaciones, pero la central hidroeléctrica en el Marienmühle seguía en funcionamiento, generando y distribuyendo energía.

En el año 2005, la infraestructura que quedaba del molino fue demolida, para dar vida al nuevo proyecto: el Rondo, pero se mantuvo en el solar la central hidroeléctrica, la cual se rehabilitó para encajar con la estética del nuevo edificio.

La pequeña central, fue hasta 2009 propiedad de la familia Sorger, y ese mismo año, la vendieron a la empresa eléctrica Marienplatz GmbH.



Ilustración 1: Fachada del molino año 1898



Ilustración 2: Fachada Marienmühle año 1926



Ilustración 3: Interior del Marienmühle año 2005



Ilustración 4: Demolición del Marienmühle año 2005

1.2 Participantes involucrados: El encargo de la familia Sorger al arquitecto Markus Pernthaler.

Tras años de reuniones con varios interesados, en el año 2003, la familia Sorger (propietaria del suelo) decide adjudicarlo al arquitecto Markus Pernthaler el proyecto de estudio para el Marienmühle.

Después de un año y medio de planificación, el arquitecto Markus Pernthaler, junto con la constructora ORTIS y la promotora-constructora ÖWGES, consiguieron poner en marcha el proyecto. La elección de dichas empresas fue debido a la estrecha relación que estas mantenían con el arquitecto. Siempre que Mr. Pernthaler se enfrentaba a un proyecto, contaba con su participación.

ÖWG - Österreichische Wohngenossenschaft es la propietaria del suelo; una empresa de construcción residencial sin fines lucrativos. Durante 60 años, han estado construyendo residencias en toda la región de Estiria atendiendo a las diferentes necesidades de las familias. Ofrecen apoyo financiero para pisos en propiedad, pisos en alquiler y pisos alquilados con opción de compra.

En el caso que nos ocupa, la financiación fue realizada principalmente por ÖWG y algunos fondos adicionales fueron aportados por la ciudad de Graz y la región de Estiria. Estos dos últimos todavía financian 12 talleres disponibles en el Rondo.

El arquitecto Albert Ortis, dueño de la constructora ORTIS, describe los requisitos a la hora de plantear el proyecto: Respetar el entorno e integrarlo en el distrito, la participación por adelantado de todos los servicios legales y administrativos de la ciudad, involucrar a los inversores.

1.3 Sobre el arquitecto

Markus Pernthaler, nacido en Judenburg en 1958, estudió arquitectura en Graz e hizo su Máster en Tokio. Desde 1990 dirige una oficina de arquitectura en la ciudad de Graz. De 1987 a 1990 fue presidente de la HDA Haus der Architektur Graz y de 1996 a 1999 presidente de la Asociación Central de Arquitectos de Austria, asociación estatal de la región de Estiria.

Terminó el edificio residencial y de oficinas de El Rondo en 2007 y su último proyecto ha sido Grazer Science Tower, terminado en 2017. Una torre de 60 metros de altura al oeste de la ciudad, que alberga 200 puestos de trabajo e investigación sobre nuevas tecnologías energéticas. Dicha torre funciona con energía geotérmica y no tiene ni radiadores ni unidades de aire acondicionado, presentando un consumo casi nulo.

Todas sus obras tienen algo en común: La búsqueda de lo que él denomina eficiencia funcional y especialmente la búsqueda de la eficiencia energética.

Él solía vivir con su familia en San Pedro, un pueblecito a las afueras de Graz, en busca de una zona tranquila alejada del centro de la ciudad; pero los constantes desplazamientos a su oficina de arquitectura (ubicada en el centro de la ciudad) le empujaron a buscar un lugar donde pudiese vivir y trabajar sin tener que desplazarse (búsqueda de la eficiencia funcional)

Es por ello por lo que se puso manos a la obra con este proyecto, donde encontró el lugar perfecto para hacerlo posible

CAPITULO 02: EL RESURGIR DE UN NUEVO PROYECTO EN LA CIUDAD DE GRAZ

2.1 Emplazamiento y relación con la ciudad

El proyecto está ubicado en el distrito de Lend, 4º distrito de Graz, al oeste de la ciudad. El río Mura separa el este y el oeste de la ciudad. La parte este, está declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO: Graz - Historic Center y Schloss Eggenberg.

El solar se encuentra en el punto central del distrito, atravesado por el arroyo Mühlgang, en una plaza llamada Marienplatz y a pocos pasos de la Plaza de Europa donde se encuentra la estación principal de trenes y autobuses, rodeada de hoteles, edificios y comercios.

Situado en la esquina de Hans-resel Alley / Muehlgasse, el solar cuenta con una superficie de 8000 m², de los cuales se ha edificado la mitad. En los 4000 m² restantes, encontramos una preexistencia: la central hidroeléctrica del antiguo molino.

Por otro lado, la estructura viaria, muy bien diseñada, conecta al edificio con el resto de la ciudad. Junto al emplazamiento, se encuentran paradas de autobús y taxi. El centro de la ciudad se encuentra a solo 3 paradas de bus, al que también se puede llegar a pie.

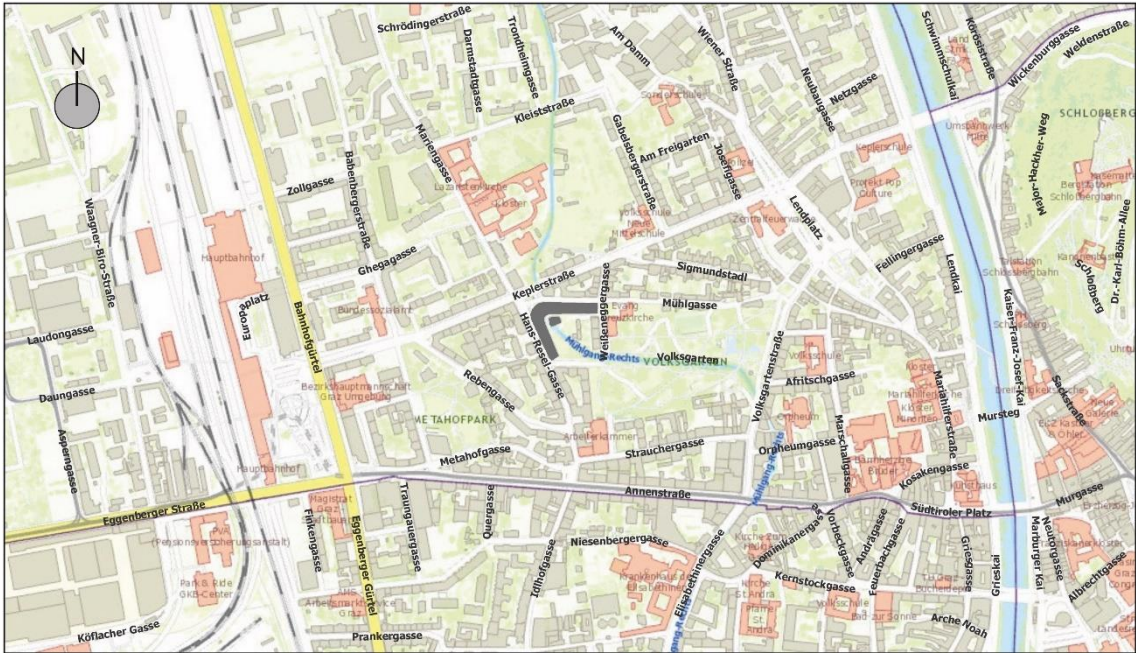


Ilustración 5: Emplazamiento de El Rondo

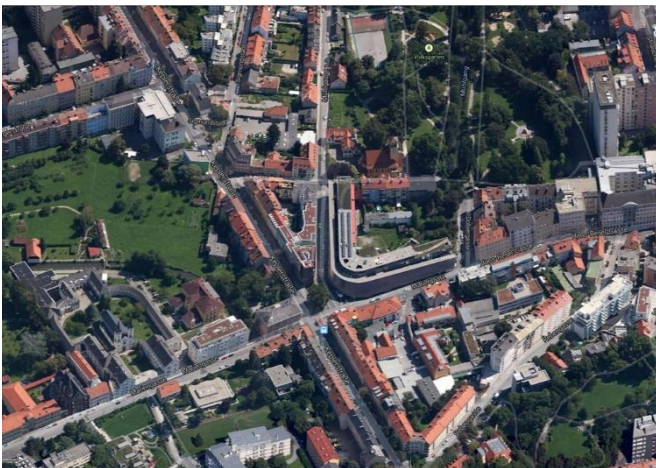


Ilustración 7: Vista aérea Rondo año 2018



Ilustración 6: Vista aérea Marienmühle año 1926

2.2 Relación e integración con su entorno cercano

Rondo se ha convertido en el nuevo icono del distrito. Con su particular planta en "V" se adapta perfectamente a las calles recayentes Hans-resel Alley y Muehlgasse, al igual que crea una plaza frente al mismo llamada Marienplatz.

La razón de ser de esta forma no solo es fruto de la búsqueda de alineaciones a calle, sino a "abrir" el edificio hacía el parque Volksgarten y a salvar la central hidroeléctrica.

La fachada interior del Rondo, al que vuelcan viviendas, oficinas con grandes acristalamientos y balcones, se abren a dicho parque; un espacio verde y de descanso en el distrito de Lend.

Por otro lado, la altura del Rondo se iguala a los edificios colindantes. Para enfatizar aún más con su entorno, el arquitecto diseña dos composiciones de fachada, a fin de suavizar el contraste entre lo existente y lo nuevo. Esto ocurre en la calle Weißeneggergasse, donde un edificio preexistente es continuación del que nos atañe. (La justificación del diseño de las fachadas se estudiará en un punto más adelante)

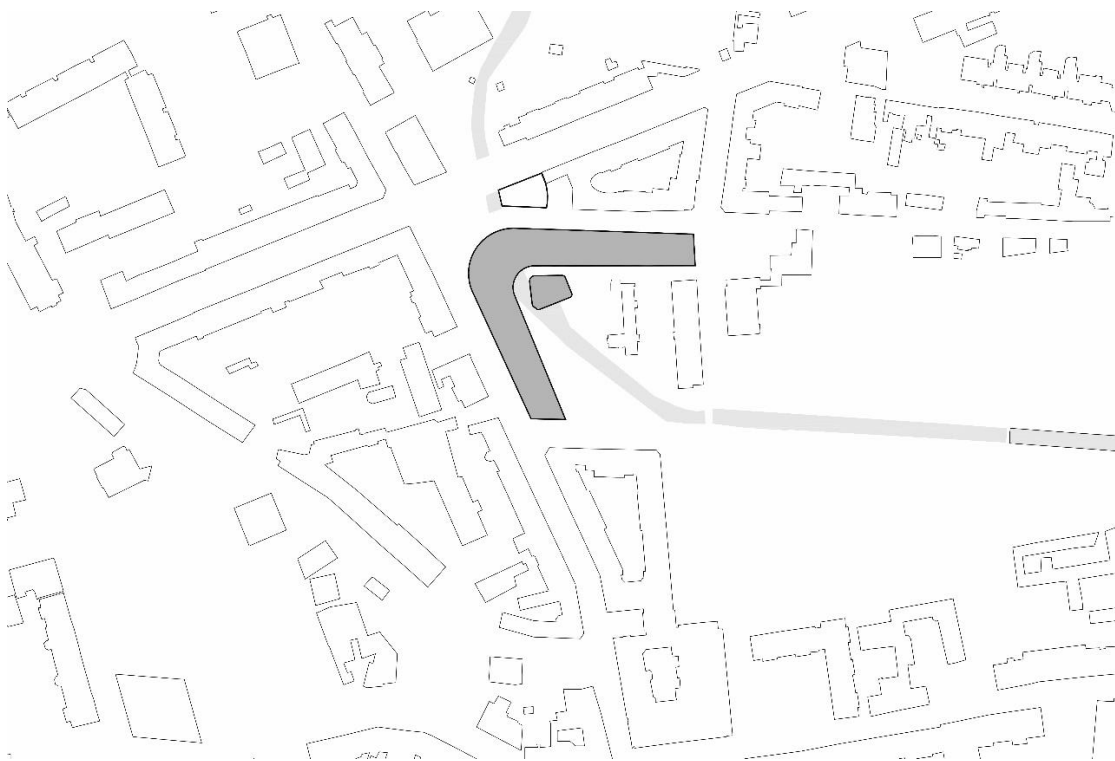


Ilustración 8: Plano de emplazamiento cercano El Rondo

2.3 Un nuevo icono para el distrito de Lend

Rondo es un edificio que presenta un programa multifuncional: viviendas, oficinas y espacios creativos y de negocios enfocados para artistas y empresas.

Markus Pernthaler quería realizar un programa multifuncional donde vivir y trabajar se pudiera experimentar casi sin separación espacial, logrando una mayor eficiencia en tiempos de desplazamiento. Por otro lado, quiso garantizar la diversidad cultural con respecto a los habitantes del edificio. Es decir, no solo diseñó este edificio para los habitantes de Graz, sino también para acoger a artistas y empresas internacionales, de forma que entraran en contacto unos con otros y se pudieran enriquecer del intercambio de conocimientos.

Principalmente, las oficinas y estudios están formados por:

- Jóvenes artistas y empresarios emprendedores que, subvencionados por un programa del gobernador estatal de Estiria, trabajan en espacios temporalmente asignados.
- Empresas e instituciones que forman parte de Creative Industries. Una sociedad fundada en 2007 la cual se enfoca en el poder de innovación y transformación que tiene la comunidad creativa (arquitectos, diseñadores, pintores...) en la sociedad.
- La oficina del propio arquitecto Markus Pernthaler en planta baja.

Todo ello, ha generado un núcleo de espacios creativos que presenta múltiples interacciones artísticas y cotidianas.

En su interior, las dobles alturas, patios y generosos espacios abiertos proporcionan un ambiente agradable y único para el trabajo, relax y ocio.

Por todo ello, tanto por su programa, su diseño exterior e interior y por la filosofía de vida que presenta, el Rondo se ha convertido en un icono no solo para la ciudad de Graz, sino para toda la región de Estiria.

CAPÍTULO 03: EL RONDO DE MARKUS PERNTHALER, COMO UN NUEVO CONCEPTO DE ARQUITECTURA EN SU TIEMPO: “VIDA INTELIGENTE”

3.1 El proyecto: breve descripción

Como se ha comentado con anterioridad, el proyecto se sitúa sobre los restos del antiguo molino "Marienmühle", el cual estaba vinculado al arroyo Mühlgang. Este, que atravesaba todo el solar, se convirtió en el eje central del proyecto, un punto de partida que fija la dirección y los radios de la planta y de la piel de la fachada.

El hecho de que el proyecto se sitúe sobre los restos del antiguo molino "Marienmühle", ha favorecido a la instalación de sistemas de energía.

Esto ha sido posible gracias al aprovechamiento de la estructura de varias plantas del almacén del molino para implantar un sistema de geotermia, a la vez que el aprovechamiento de la energía hidráulica con la reconstrucción de la antigua central hidroeléctrica del molino.

Por otro lado, se han instalado paneles solares en fachada y en cubierta. Como resultado, el proyecto cumple con el estándar de casa pasiva, y presenta un alto grado de autonomía energética.

El garaje también fue diseñado con vistas a la eficiencia energética, puesto que, en vez de tratarse de un garaje convencional, se trata de un garaje mecanizado, favoreciendo la reducción de emisiones de gases y contribuyendo al ahorro de energía (luminaria, ventilación, ascensores, ...)

Respecto a la composición estructural, el edificio presenta dos soluciones claramente diferenciadas: el tramo central curvo, de mayor complejidad, y las dos alas rectas a cada lado del mismo. Esta composición, ayuda a definir y organizar lo que ocurre en su interior.



Ilustración 9: Vista exterior diurna El Rondo



Ilustración 10: Vista exterior nocturna El Rondo

En los dos tramos rectos, encontramos estudios, oficinas y apartamentos (estos últimos en mayor medida). Mientras que, en el tramo curvo, se ubican oficinas de mayor tamaño, salvo en la última planta, donde se sitúan los áticos.

Entre la fachada exterior curva (doble fachada) y el propio edificio, encontramos espacios comunes semipúblicos los cuales se apilan en cinco plantas. En ellos encontramos amplias galerías de acceso, espacios al aire libre y zonas verdes.

Esta superposición de espacios de circulación y acceso, crean transiciones graduadas de los espacios comunes a los privados, lo cual los dota de un mayor potencial al proyecto.

3.2 Toma de contacto con el terreno y problemas a afrontar

En un principio, intentaron usar la antigua estructura del molino para desarrollar el nuevo proyecto, pero después de un año estudiando la idea, la descartaron puesto que no era una solución económicamente viable.

Sin embargo, hubo algunas partes que se reutilizaron en el nuevo proyecto: la central hidroeléctrica y los almacenes que existían en el sótano del antiguo molino donde se guardaban los cereales: centeno, trigo y maíz. Estaban ejecutados con muros bajo tierra alrededor de 9 metros de profundidad, los cuales se reutilizaron para instalar un sistema de geotermia, el cual se describirá más adelante.

Como ya se ha comentado con anterioridad, se trataba de un terreno atravesado por un arroyo, lo cual influyó notablemente en el diseño de la estructura y la distribución y organización de los sótanos.

Debido a ello, la cimentación debía de contribuir a evitar filtraciones de agua y soportar las cargas del edificio evitando los posibles problemas de asentamiento.

En proyecto, estaban planteados tres plantas de sótano con garajes mecanizados, puesto que el ancho de crujía hizo que se descartara un garaje convencional con rampa. De esta manera, se ahorra espacio de maniobra y se consigue un máximo aprovechamiento.

Por otro lado, la forma del edificio suponía un reto estructural, sobre todo en su parte curva (zona donde cruzaba el arroyo). Es por ello que se debía estudiar una solución donde se evitase tener cimentación en dicha zona, y en donde se realizara una traslación de cargas hacía puntos externos.

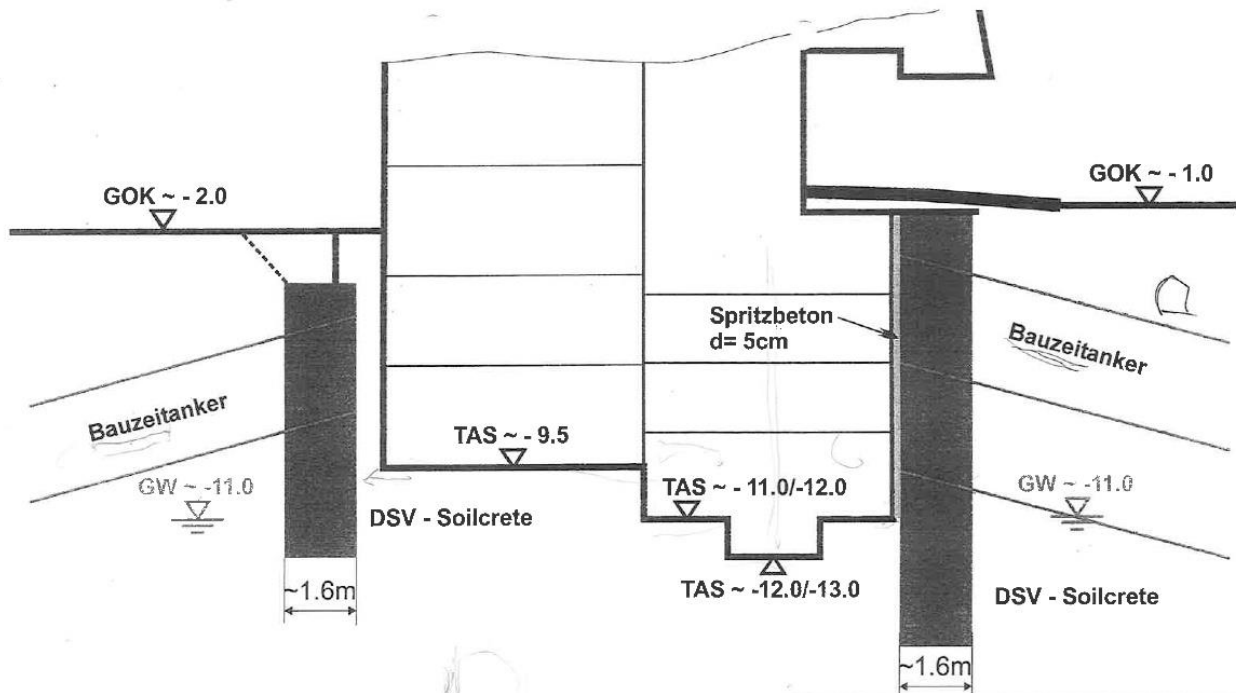


Ilustración 11: Sección con niveles de excavación y anclaje de muros pantalla

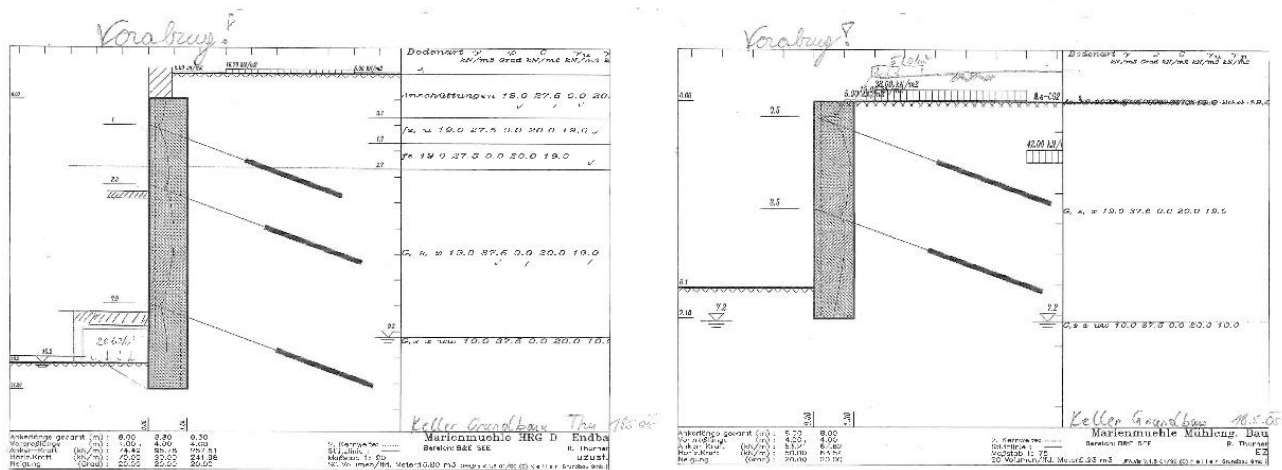


Ilustración 12: Secciones de anclaje de muros pantalla

3.3 Estructura

Como se ha comentado en el punto anterior, la estructura no era simple de resolver, y es por ello por lo que intervinieron dos ingenieros en el diseño de esta. Uno se encargó de los tramos rectos (las dos alas del edificio), mientras que otro se encargó de la parte central curva, la más compleja.

Cabe destacar, que la participación de dos ingenieros para el cálculo de la estructura fue debido al hecho de cumplir una serie de plazos. El ingeniero Peter Connert trabajó sobre la parte curva (especialista en este campo) y el ingeniero Eisner ZT GmbH sobre los tramos rectos.

Por otro lado, la proximidad del río y la ejecución de tres plantas de sótano, condicionaron la necesidad de usar muros pantallas y losas de hormigón armado.

Para la ejecución de la estructura, se procedió de la siguiente manera:

Primero se situaron vigas guías en la superficie, del ancho del muro pantalla. Tras esto, el terreno se fue retirando y rellenando a su vez con bentonita a fin de que la tierra se quedara contenida a medida que excavaban.

El siguiente paso fue meter las armaduras de doble cara. Tras esto, se hormigonó de abajo a arriba recuperando a su vez la bentonita. Una vez hormigonado y fraguado, se excavó por plantas, metiendo a su vez anclajes estabilizadores para evitar que las pantallas volcaran; hasta llegar al nivel de la losa de cimentación, la cual se ejecutó en el último paso.

Una vez ejecutados los muros pantallas y la losa, se procedió a la ejecución del arranque de pilares.

Al tener el arroyo cruzando por el eje central del edificio, se generaron dos grupos de pantallas cerrados, una a cada extremo del mismo. Para salvar la distancia que separaba los dos grupos, se procedió a la ejecución de una losa que unía ambos y cubría el arroyo.

Es decir, en plano de cimentación, se observa como si se tratase de dos edificios diferentes, separados por su eje central (el arroyo)

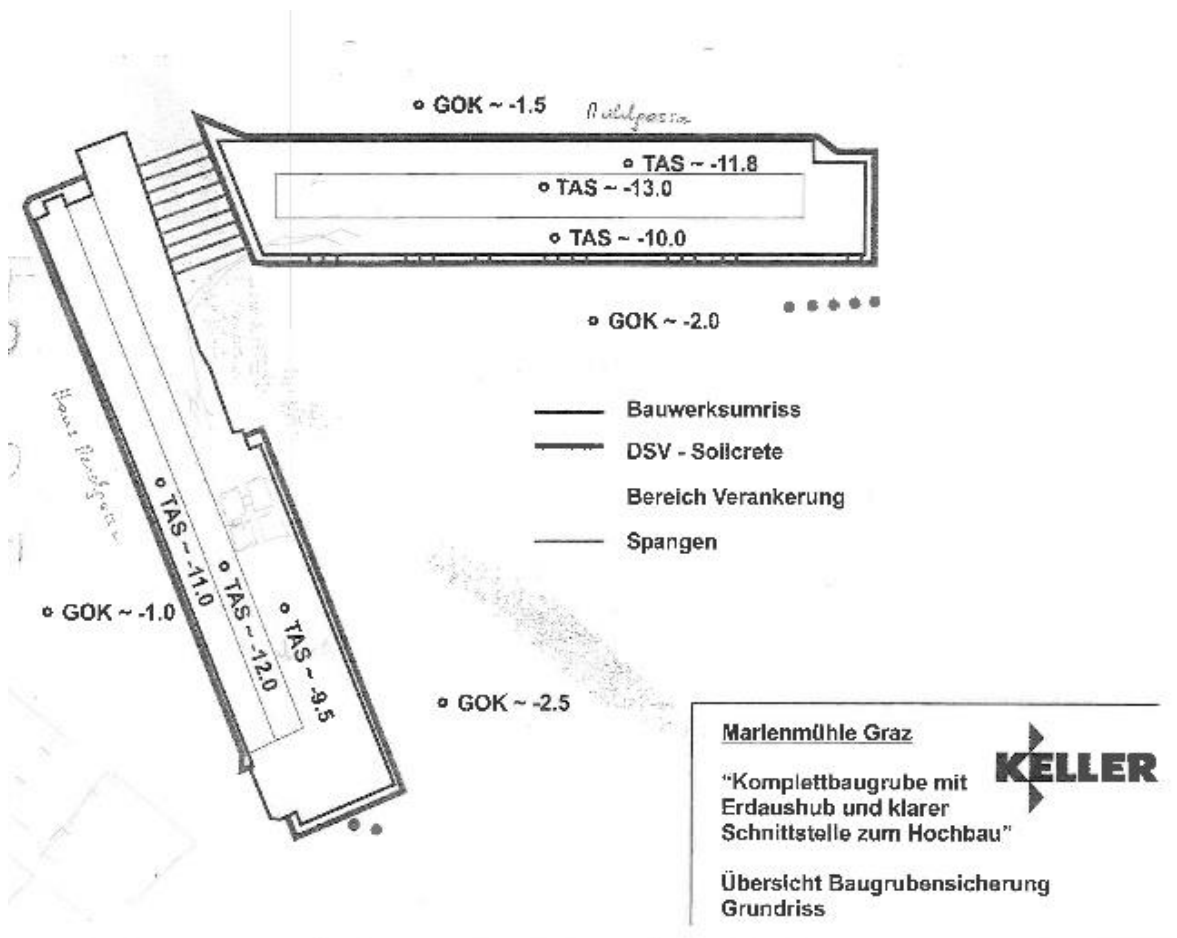


Ilustración 13: Plano de planta con niveles de excavación

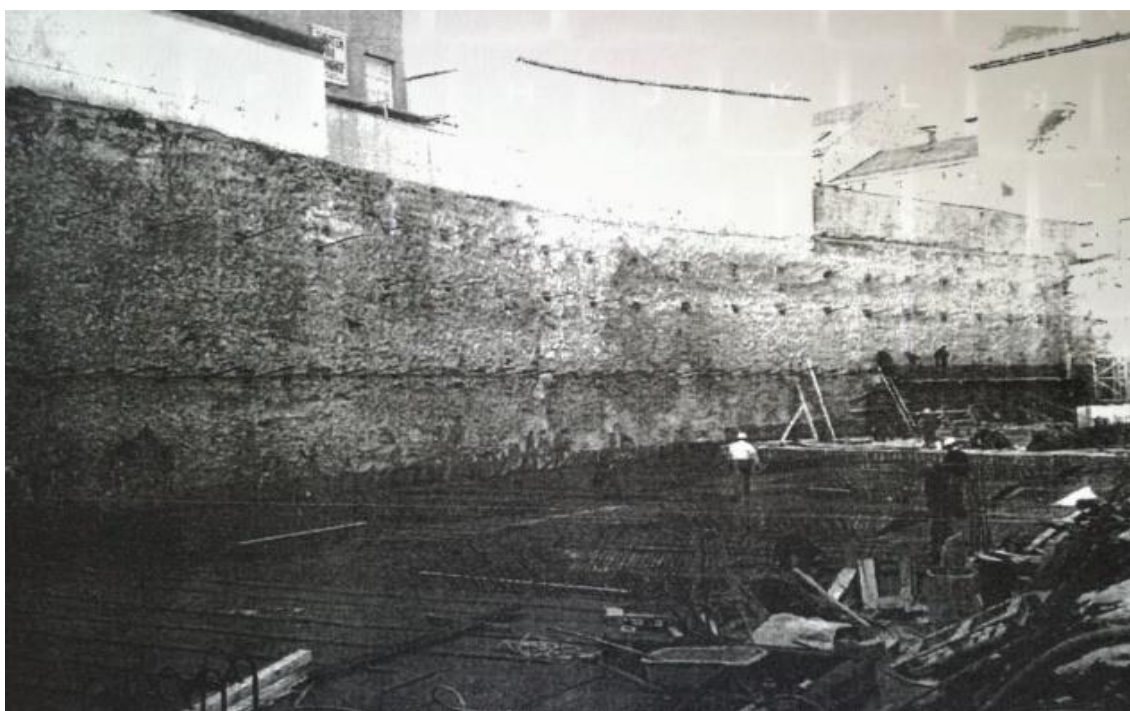


Ilustración 14: Vista de la ejecución de la cimentación

Para la ejecución de los tramos rectos se planteó una estructura de pilares con luces de 5,2 m.

Por otro lado, la solución estructural del tramo central del edificio resultó un reto, pero el Ingeniero Peter Connert dio con la solución. Pilares masivos de hormigón armado en V a modo de viga en celosía, que separan las áreas de acceso de los espacios de trabajo, revelando los principios estructurales que definen la parte central del complejo.

El Señor Connert planteó un sistema de cerchas triangulares vistas en planta baja y en las tres plantas superiores; mientras que las dos últimas plantas las resolvió con pilares convencionales de 25 cm de diámetro.

Dichas cerchas, ayudan a repartir las cargas a puntos externos del arroyo. Una vez desviadas las cargas, las transmitía al terreno apoyando la estructura sobre las pantallas estructurales.

Como es lógico, las cerchas van disminuyendo su sección a medida que subimos de planta. En la planta baja, las cerchas presentan un ancho de 50 cm; en la primera planta 40 cm, y en la segunda, tercera y cuarta se reduce a 30 cm.

Respecto las plantas quinta y sexta, se resuelve con una estructura de pilares con luces de 5,2 metros.

A continuación, se presenta una imagen y un plano de sección donde se observa la solución estructural comentada:



Ilustración 15: Vista interior estudio de arquitectura Perenthaler: cerchas triangulares

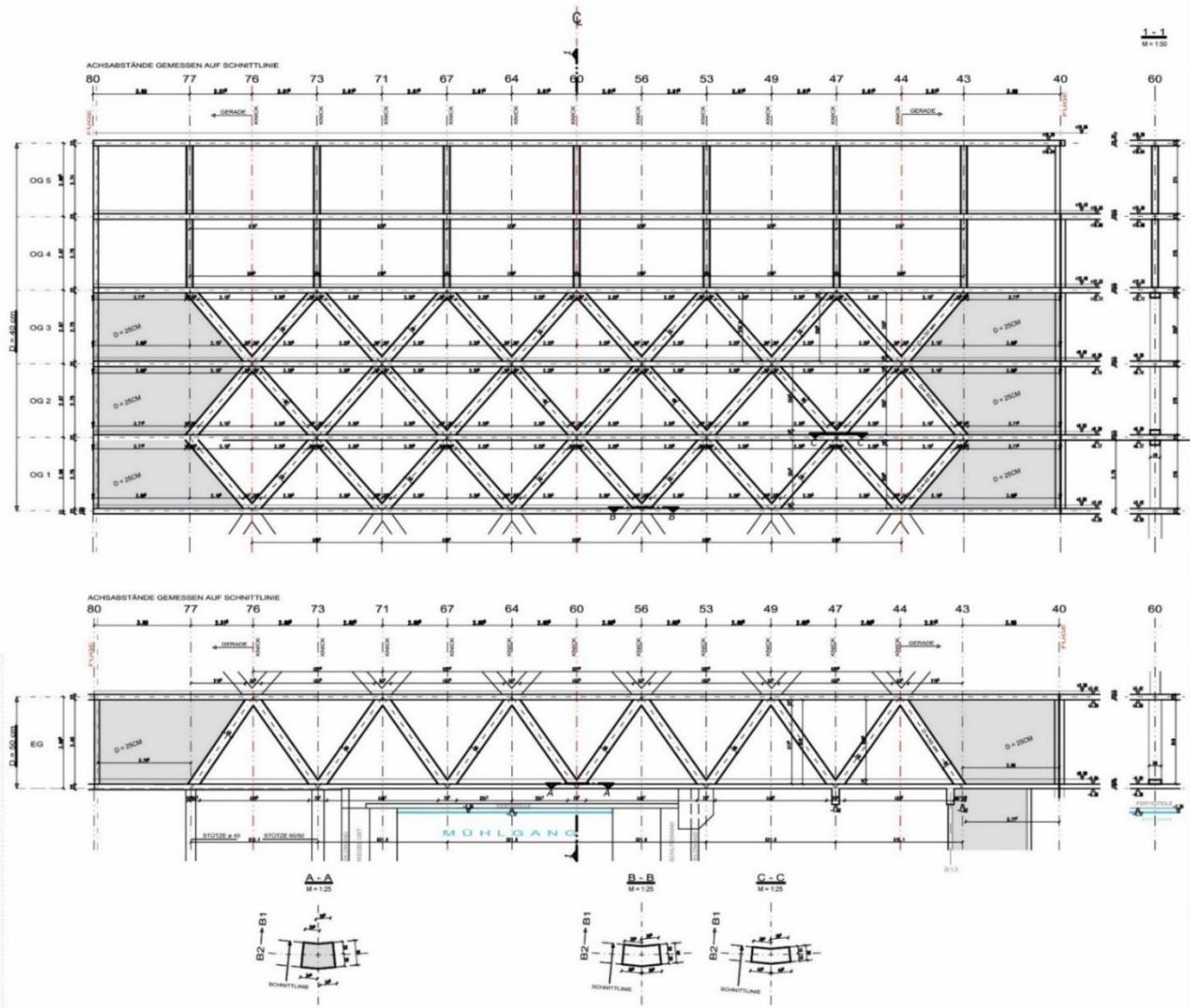


Ilustración 16: Plano de sección vertical de la estructura de la parte curva

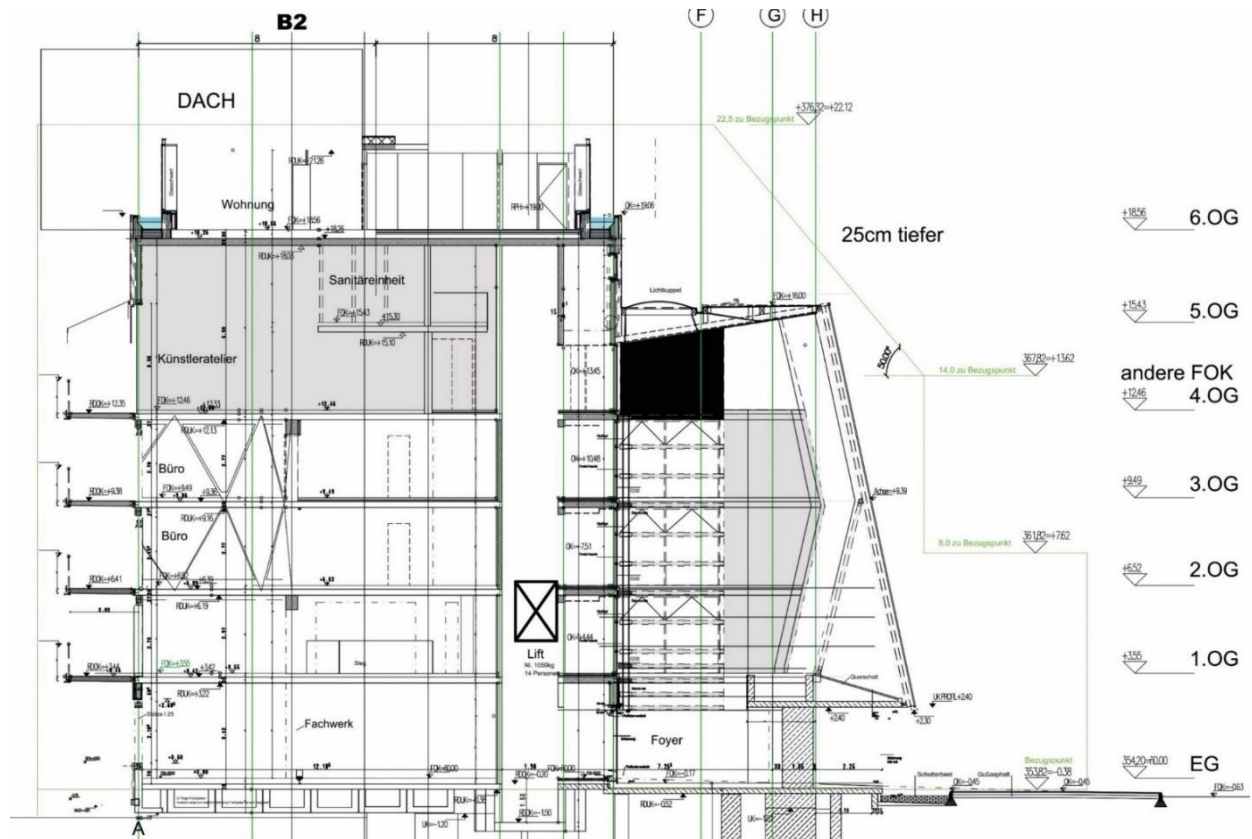


Ilustración 17: Plano de sección vertical

3.4 Programa

El edificio presenta un programa multifuncional y complejo. Este se distribuye en viviendas, oficinas y espacios creativos y de negocios enfocados para artistas y empresas.

Con una superficie de solar de 8000 m², se pedía integrar los espacios a fin de lograr una interacción entre los habitantes y facilitar las relaciones sociales.

Por otro lado, se requería una organización lógica del programa, teniendo en cuenta niveles de luz, ruido, privacidad, accesos, ...

Por último, debía de integrarse en el entorno, suavizando en la medida de lo posible el impacto visual y ambiental.

A continuación, se muestra el programa a cumplir:

- 4 áticos de entre 132 m² y 177m² con amplias terrazas
- 15 dúplex de 125 m² con balcones de entre 14 y 21 m²
- 47 apartamentos de una sola planta de 92 m² y balcones de entre 14 y 21 m.
- 1 cafetería / restaurante de 240 m² con sala interior y terraza
- 1 negocio de 190 m² con escaparates
- 12 oficinas de 310 a 800 m² con planos de planta singulares.
- 2 oficinas comunes (varios departamentos/empresas)
- 15 estudios individuales (vida y trabajo) de 12 m²
- 22 estudios individuales para artistas de entre 8 m² y 15 m²(estancia corta)
- Un garaje con una capacidad de 198 plazas de aparcamiento.
- 80 trasteros

3.5 Comunicación vertical y horizontal dentro del edificio.

Respecto a la comunicación vertical, el arquitecto la resuelve situando cuatro escaleras en cada extremo de las alas del edificio, dando acceso a los apartamentos.

También dispone de tres ascensores, una en cada eje del edificio y otro en el centro.

La comunicación horizontal dentro del edificio es algo en lo que el arquitecto trabajó mucho, puesto que los espacios no son simples pasillos de acceso, sino que la calidad espacial es mucho mayor. En su recorrido, podemos percibir diferentes sensaciones, y lo que supone un oscuro corredor en algunos edificios de apartamentos, se convierte en un camino lleno de luz y vegetación, jugando con un ritmo de patios, dobles alturas y vistas cruzadas.

La superposición de los espacios de acceso y circulación, generan transiciones de forma graduada de los espacios públicos a los privados, lo cual le da mayor potencial al conjunto. Todo ello surge de la idea de potenciar el espacio común y la interacción entre sus habitantes, generando un intercambio de inspiración y conocimientos entre artistas de Estiria y artistas internacionales.

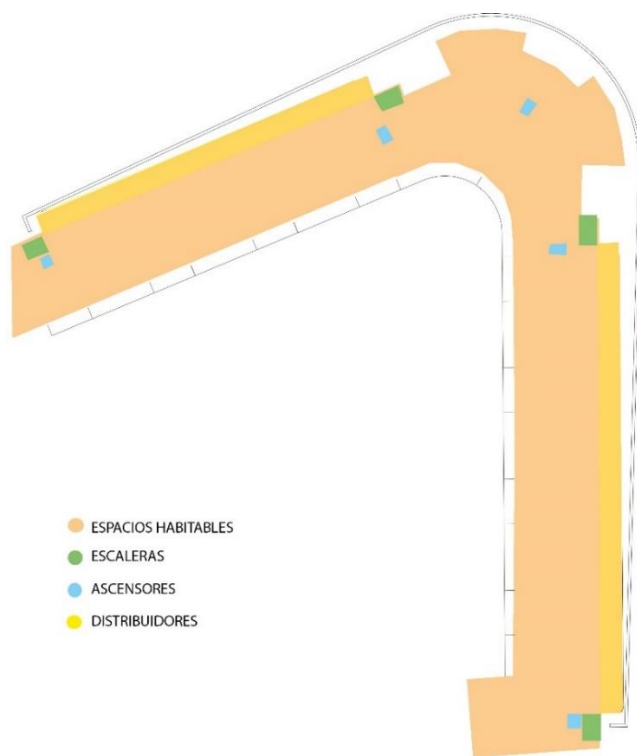


Ilustración 18: Esquema en planta de las circulaciones verticales y horizontales

3.6 Distribución de espacios

A la hora de enfrentarse al proyecto, lo primero que se decidió fue la forma de la planta: Una "V" con un ancho de 12 metros que se alineaba con las calles y se habría al parque Volksgarten.

Para cumplir con el programa, se hicieron 6 plantas sobre rasante y 4 de sótano, sumando un espacio construido de 54,227 m³, lo cual supuso una inversión de 27 millones de euros.

Plantas sótano:

Para definir los espacios bajo rasante, la estructura del edificio se divide en dos crujías (exterior e interior) de un ancho de 6 metros cada una.

En la crujía interior encontramos dos plantas de sótano dedicadas a un total de 80 trasteros; mientras que la crujía exterior presenta tres plantas de sótano donde se albergan las 198 plazas de aparcamiento.

El ancho de crujía de tan solo 6 metros no permitía la ejecución de un parking convencional con rampa, por lo que se instaló un garaje mecanizado, el cual no solo ahorra espacio, sino que contribuía a un ahorro de energía y reducción de gases de efecto invernadero.

Planta semisótano:

En dicha planta encontramos en la crujía exterior un nivel del garaje mecanizado, mientras que en la crujía interior se dedica a pequeños estudios individuales, a los cuales se accede a través de un distribuidor. Dichos estudios son los que se ceden a artistas internacionales y nacionales, cuyos costes son cubiertos por la ciudad de Graz.

El Rondo dispone de catorce estudios para artistas. Seis, se ceden a artistas internacionales de forma gratuita, puesto que los costes están cubiertos por la ciudad de Graz. Allí no solo tienen un espacio de trabajo, sino también espacios para hacer su vida cotidiana. Los ocho estudios restantes, se ceden a artistas nacionales por un periodo máximo de dos años.

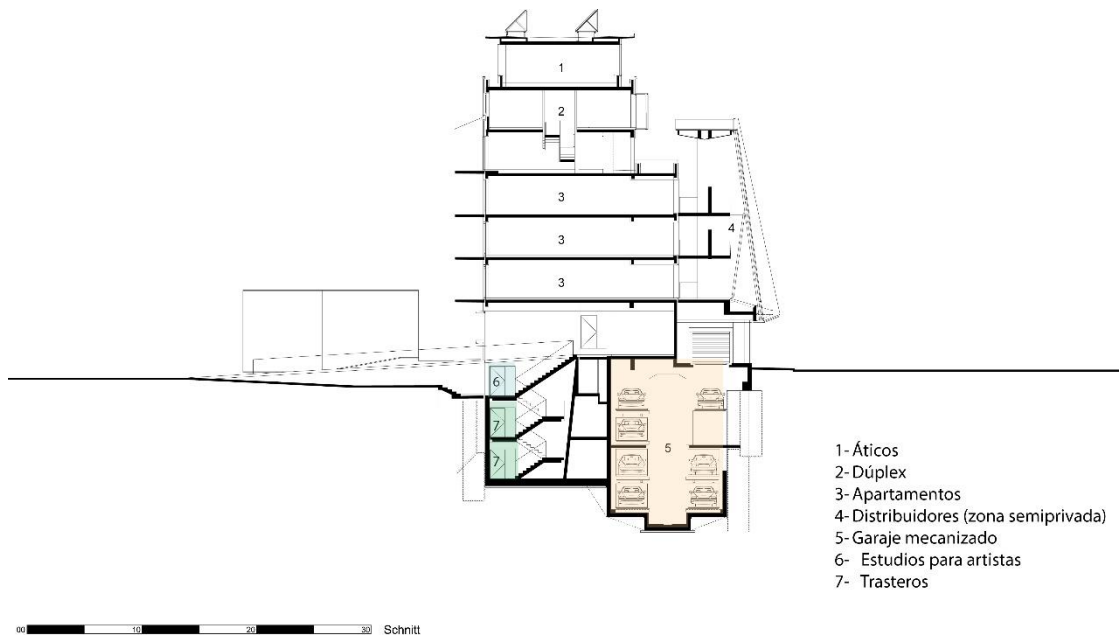


Ilustración 19: Sección del edificio

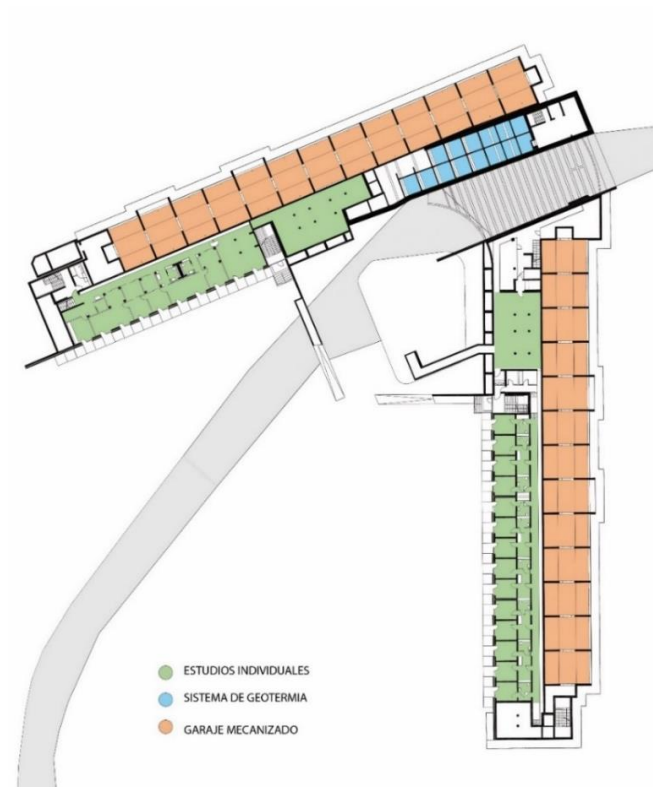


Ilustración 20: Plano de planta semisótano

Planta baja:

La planta baja, por la cual se accede al edificio, presenta diferentes entradas:

Respecto a la parte central, encontramos un acceso en rampa que nos invita a tres espacios: a la izquierda una tienda de mobiliario de spas de 190m²; a la derecha un restaurante cafetería de 240 m²; y al frente, la entrada más característica, la que nos dirige a la oficina del arquitecto Markus Pernthaler.

Nada más cruzar sus puertas, nos encontramos con un gran espacio diáfano con unos singulares pilares a modo de vigas en celosía, separando el hall de entrada de la zona de trabajo, donde se disponen varias mesas dispersas en este espacio curvo; y cuya comunicación visual con el exterior se realiza a través de un paño de vidrio por la cara interior del edificio, con vistas al patio.

Una vez cruzado el acceso, al fondo a la derecha encontramos la sala de reuniones; mientras que, a la izquierda, un pasillo con dos estancias de secretaría y dos oficinas privadas nos conduce al despacho del arquitecto.

Respecto a las alas laterales de esta gran "V", podemos definir tres crujías: Si nos situamos a nivel de calle, la primera con la que nos encontramos es la del garaje, podemos observar ya, que no dispone de un garaje convencional con rampa, sino que se trata de un garaje mecanizado con dos accesos y salidas, uno en cada extremo.

La segunda crujía, corresponde a un espacio privado, diáfano y abierto, a través de patios que atraviesan todo el edificio, e iluminan dicha planta, permitiendo a su vez la ventilación.

En planta, encontramos espacios verdes, correspondientes a los huecos de patios; espacios dedicados al parking de bicicletas; zonas de paso y circulación y, por último, algunos espacios cerrados que sobresalen hacia el exterior, que están dedicados a instalaciones y almacén.

Por último, en la última crujía interior, encontramos espacios interconectados dedicados a estudios y oficinas



Ilustración 21: Entrada central



Ilustración 22: Imagen exterior cafetería-restaurante



Ilustración 23: Vistas interiores-espacio libre-hall de acceso

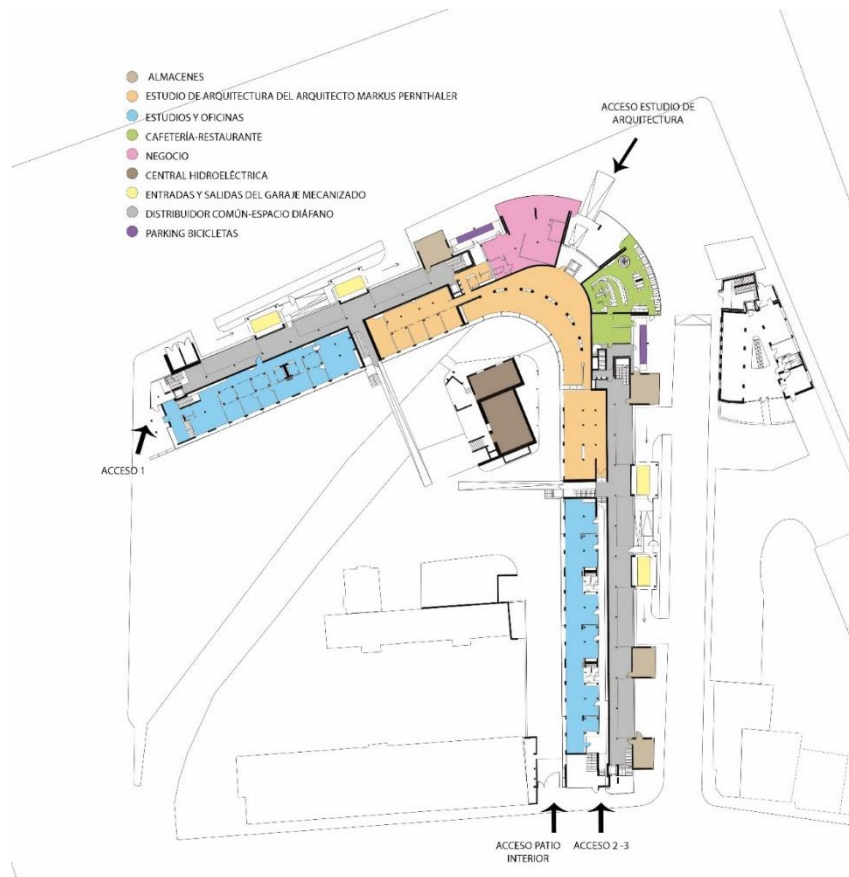


Ilustración 24: Plano de planta baja

Planta primera, segunda y tercera:

Están dedicadas a un total de 47 apartamentos de tres, cuatro o cinco dormitorios. Estos, tienen una superficie de 92m² con balcones de entre 14 y 21 m².

A los apartamentos se accede a través de un corredor principal entre el propio edificio y la doble fachada de policarbonato. Dicha fachada contribuye a crear un espacio de circulación intermedio con luz natural, favoreciendo la ventilación, protegiendo del viento, del sol y de la lluvia, y contribuyendo al ahorro de energía por pérdidas de calor.

Más adelante, analizaremos en profundidad esta fachada.

Planta cuarta y quinta (DUPLEX):

En dichas plantas, encontramos en las alas del edificio, 15 apartamentos de tipo dúplex de 125 m² con balcones de entre 14 y 21 m². El acceso a los mismos se genera igual que los apartamentos de plantas inferiores, a través del corredor principal.

Por otro lado, en la parte central del edificio (zona curva), encontramos 8 oficinas en la planta cuarta, y 4 en la planta quinta.

Planta sexta:

Aquí encontramos 4 áticos de entre 132 m² hasta 177 m² con una amplia terraza jardín.

En uno de estos áticos es donde vive el arquitecto Markus Perenthaler.

La terraza jardín cumple no solo con la función de ocio y descanso, sino que contribuye a controlar el agua de drenaje, a aumentar los espacios verdes en la ciudad, mejorando la calidad del aire y reduciendo las emisiones de CO₂. Por otro lado, reduce notablemente el consumo energético, logrando una mayor eficiencia del edificio.



Ilustración 25: Plano de planta primera, segunda y tercera

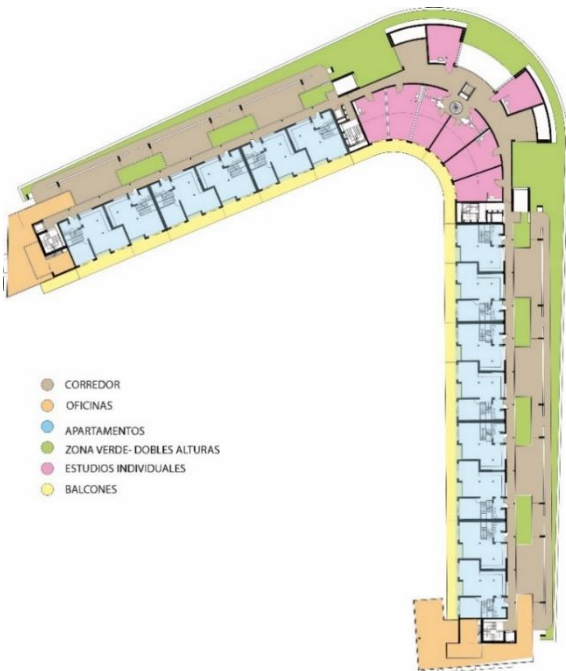


Ilustración 26: Plano de cuarta planta

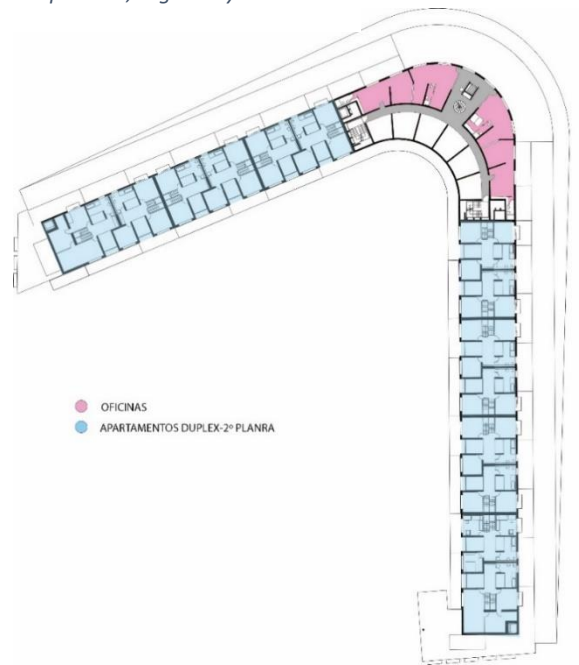


Ilustración 27: Plano de quinta planta

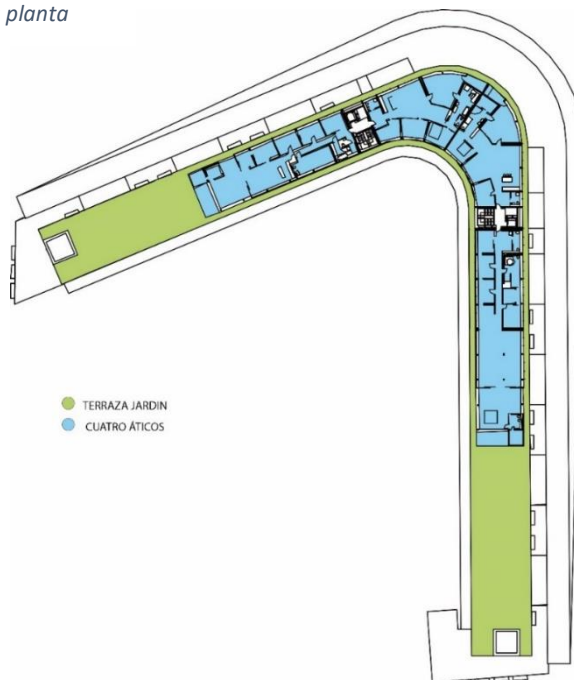


Ilustración 28: Plano de sexta planta

3.7 La fachada: estudio compositivo.

Una de las reflexiones de este proyecto era ver el impacto que el edificio tendría en su entorno y como se adaptaría a las circunstancias de la ciudad.

La forma del edificio se elige para adaptarse al perímetro de una manera dinámica, utilizando como eje central del proyecto el arroyo. Es por ello por lo que el proyecto presenta esa planta en "V" tan característica, extendiéndose sobre 3 calles.

Sin duda, la fachada curva del edificio es una de las protagonistas de este proyecto, pero no es la única fachada que encontramos en el edificio; puesto que el arquitecto quiso adaptar las fachadas a las situaciones de la ciudad y entorno cercano, trabajo con dos composiciones distintas.

Por otro lado, cada fachada responde a unas circunstancias de orientación, soleamiento, vientos, a fin de contribuir a una mayor eficiencia energética en el interior del edificio.

3.7.1 Fachada A

La principal se trata de una doble fachada ejecutada con membrana de policarbonato translúcido. En ella, podemos observar algunos paneles más longitudinales transparentes y tridimensionales que sobresalen de la superficie plana, lo que le da a la fachada un aspecto dinámico.

Presenta una orientación noroeste, por tanto, en invierno no recibe radiación solar en todo el día, mientras que, en verano, capta los rayos de sol a partir de la tarde. El objetivo principal de esta fachada frontal es filtrar el ruido proveniente de la calle y las vías rodadas, así como la reducción de la contaminación y proteger de las vistas de la calle.

Por otro lado, permite crear un espacio intermedio semiprivado en el interior del edificio, dedicado a la circulación horizontal que da acceso a las viviendas, la cual se ve acompañada por patios que atraviesan todo el edificio y zonas verdes que dotan al lugar de un aspecto muy agradable.

Este espacio semiprivado cerrado tiene el segundo rol en este sistema de filtro. El resto del ruido del exterior se absorbe aquí antes de introducirse en los pisos. Las habitaciones que necesitan menos luz y privacidad son las que colindan con esta área común: la cocina y los baños.

Gracias al material y la ejecución de la doble fachada, esta zona intermedia que se genera queda totalmente iluminada y ventilada por sus extremos y la parte superior de la misma.



Ilustración 29: Imagen exterior de fachada principal

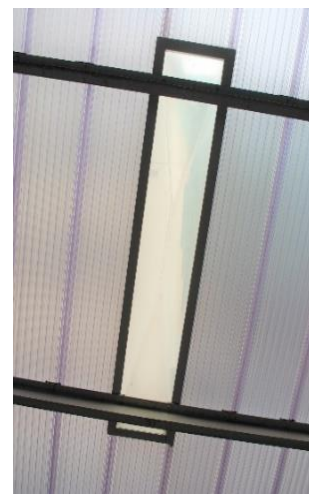


Ilustración 30: Imagen de detalle de salientes en fachada (exterior e interior)

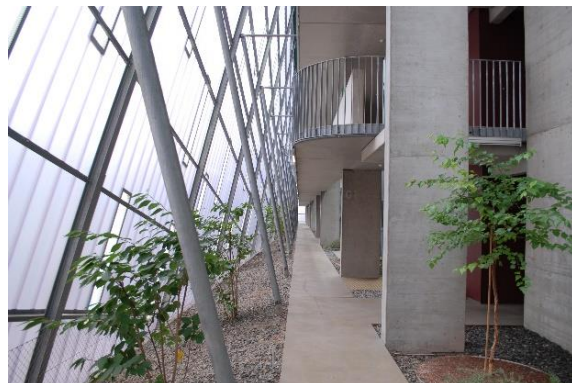


Ilustración 31: Vistas interiores-Espacio intermedio semiprivado

Por otro lado, cabe destacar las grandes ventajas que tiene el uso de paneles de policarbonato en esta fachada:

- **Protege contra los rayos UV**
- **Ligeros:** Su peso es diez veces menor que el peso del vidrio.
- **Muy Resistentes:** Pueden soportar impactos mucho mejor que el vidrio, hasta 200 veces más resistencia.
- **Flexibilidad:** Son capaces de adoptar una estructura curva con facilidad mediante el doblado en frío y cortado con una sierra caladora.
- **Mantenimiento:** requieren un mantenimiento mínimo, puesto que el agua de lluvia limpia los paneles. En caso de querer limpiarlo, bastaría con agua y jabón.
- **Baja conducción térmica:** presenta una conducción 50% menor que el vidrio, lo cual facilita la creación de estancias frescas y una mayor eficiencia de los sistemas de climatización.
- **Comportamiento frente al fuego:** no continua la combustión una vez se ha apagado el fuego.

Un año después de finalizar la obra, una gran tormenta hizo volar la fachada del edificio. Esto, ocasionó muchos destrozos tanto en el Rondo como en las inmediaciones de este.

Tras analizar las consecuencias por las que había ocurrido, se percataron de que los agarres metálicos que unían los paneles no estaban ejecutados de forma correcta, y la distancia a la que se disponían dichas piezas, no era la más apropiada para soportar fuertes vientos.

Para reconstruir la fachada, se instaló un sistema más seguro, que ahora puede resistir vientos de hasta 200 km / h. Los paneles de policarbonato estaban dispuestos cada 70 cm, pero a raíz del gran desastre, se instalaron paneles cada 35 cm, con sus respectivos agarres metálicos.

Como podemos observar, la fachada presenta una inclinación de 10°, y los paneles de policarbonato se encuentran machihembrados cada metro y medio. Esta no ocupa toda la altura del edificio, tan solo de la planta primera a la planta cuarta.

Respecto a la sujeción de toda la membrana, se resuelve anclándola a la cubierta de la cuarta planta y al forjado de planta primera.

Por otro lado, con el fin de darle rigidez a la estructura, se instalan tensores metálicos lineales de la mitad de la fachada al frente de forjado de la tercera planta; y tensores diagonales desde el mismo punto medio al frente de forjado de la primera planta. Estos tensores se sitúan cada cuatro metros, los cuales podemos observar en la imagen de la derecha.

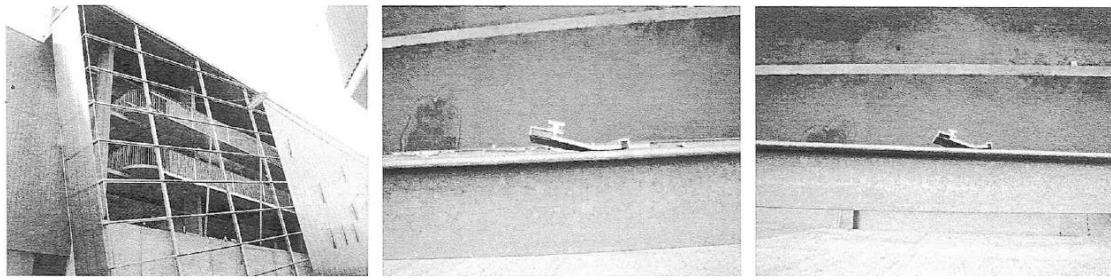


Ilustración 32: Imagen de la fachada principal destruida-detalles de piezas metálicas de sujeción



Ilustración 33: Detalle pieza metálica de sujeción



Ilustración 34: Detalle de perfil metálico con piezas de agarre

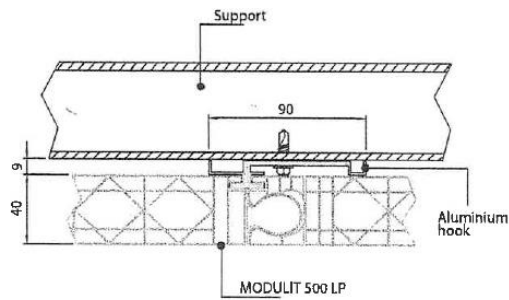


Ilustración 35: Detalle constructivo fachada



Ilustración 36: Vista interior-estructura metálica de la fachada

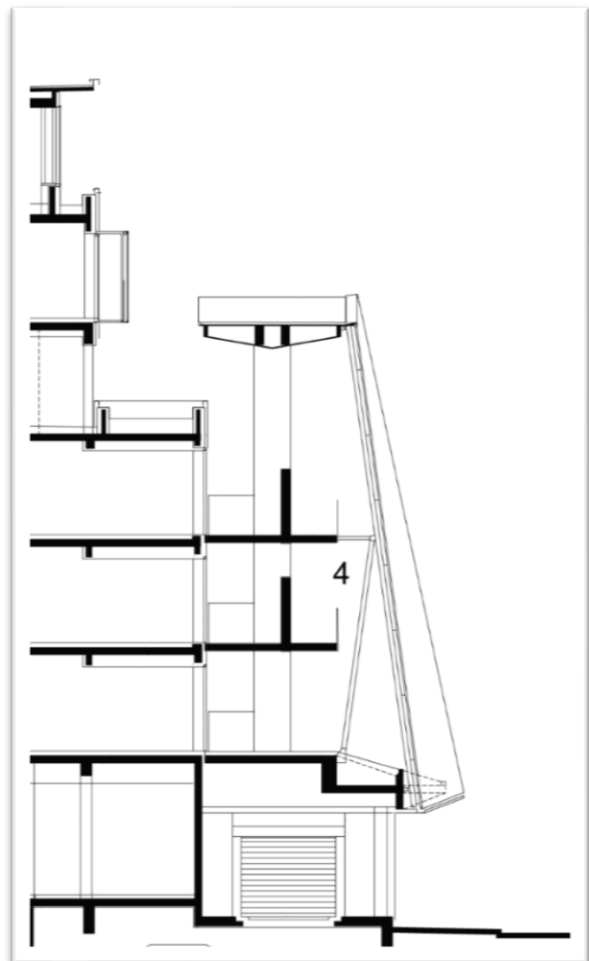


Ilustración 37: Sección de la fachada

3.7.2 Fachada B

Esta fachada, muestra un diseño muy diferente; y se repite en los dos extremos del edificio, actuando como un cierre del mismo.

Se trata de una fachada de chapa metálica donde sobresalen una serie de balcones de forma cúbica. Estas dependencias que vuelcan a una calle secundaria cumplen la función de pequeñas oficinas.

3.7.3 Fachada C (fachada interior)

La fachada interior del edificio, pese a ser totalmente abierta, guarda la privacidad, puesto que está rodeada de vegetación alta en su límite de parcela, encerrando una zona verde por donde además se deja ver el arroyo.

La composición de esta fachada está caracterizada por balcones de dos metros de profundidad, y tras ellos, se encuentran las zonas más privadas de los apartamentos, generalmente dormitorios.

Los balcones se encuentran en la planta primera, segunda, tercera y cuarta; el resto se encuentra más retranqueado, resuelto con ventanas en las plantas quinta (segunda planta de los duplex) y paños ciegos en los áticos de sexta planta y en la planta baja, donde vuelcan las oficinas.

Presenta una orientación sureste. En invierno, recibe radiación todo el día, especialmente por la mañana. En verano, a partir de mediodía, el nivel de radiación recibida es menor. Es por ello que las estancias que necesitan más horas de luz vuelcan a esta fachada.

Para controlar la incidencia de sol, disponen de toldos verticales que suben y bajan automáticamente. Por otro lado, los balcones en voladizo crean sombras unos sobre otros, evitando que los rayos de sol penetren en el interior del edificio.

Todo ello contribuye a un ahorro de energía, logrando una mayor eficiencia.



Ilustración 38: Vista de fachada exterior secundaria-Ala A



Ilustración 39: Vista exterior fachada secundaria-Ala B



Ilustración 40: Vista de fachada interior-Planta baja



Ilustración 41: Vista Fachada interior y arroyo

CAPÍTULO 04: LA INFLUENCIA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL PROYECTO

4.1 La concienciación y desarrollo del ahorro energético en Austria.

Austria se ha convertido en un modelo a seguir puesto que es el país europeo con mayor índice de uso de energías renovables. Ya a finales de 2012 abastecían el 31% de la demanda energética en Austria, y esperan conseguir el objetivo del 100% a través del ahorro, la eficiencia, el reciclaje y el uso de las fuentes no contaminantes. Se estima que, en el año 2050, esto podrá ser posible.

La razón por la cual han llegado a ser líderes se basa en el uso extendido en todos los proyectos, de las energías renovables, tales como la energía hidráulica, la biomasa, la energía solar, la fotovoltaica y los biocombustibles. La energía renovable no la consideran una opción, sino una parte más del proyecto innegociable, la cual, pese a suponer costes de obra e inversión más elevados, presenta una gran rentabilidad a largo plazo.

Por otro lado, Austria es uno de los países europeos líderes en materia prima forestal, ocupando el 47% del territorio y con un aumento anual de 30.000.000m³. Por eso no es de extrañar la existencia en Austria de un gran número de pymes (pequeñas y medianas empresas) en el sector de la biomasa y la bioenergía, las cuales siempre acaban participando en todos y cada uno de los proyectos que se ponen en marcha en el país.

Además, cabe destacar la cantidad de construcciones en madera que encontramos por el país, siendo una materia prima renovable no contaminante, la cual te asegura muy buen aislamiento y contribuye al ahorro energético.

Respecto a la ciudad de Graz, es sorprendente la cantidad de edificios que disponen de sistemas de energía renovable; desde edificios públicos, hasta viviendas unifamiliares. Al igual que llama mucho la atención la concienciación de la población a hacer uso de estos, tanto en sus hogares, como en los medios de transporte, donde la bicicleta es la gran protagonista, seguida del transporte público (autobuses eléctricos y tranvía) y de coches y motocicletas eléctricas.

En edificios públicos, casi siempre se instalan paneles solares, sistema de geotermia y sistema de luminotécnica inteligente de bajo consumo energético. En viviendas unifamiliares es muy común encontrar paneles solares instalados en cubierta.

Graz posee 270.000 habitantes, es la segunda ciudad más grande de Austria, y la capital de la región de Estiria. Presenta un total de 1,2 millones de habitantes, donde el consumo final de energías renovables alcanza el 25% y la tasa de reciclaje supera el 70% (la más alta de Europa).

Graz es el núcleo del llamado "Green Tech Valley", la mayor concentración de empresas y departamentos de investigación medioambientales en todo el mundo.

El proyecto más significativo de Graz ha sido la creación de un barrio con emisiones cercanas a cero, llamado Graz Mitte. El barrio ocupa una superficie de 130.000 m² y su objetivo es relacionar servicios culturales, empresariales y científicos para desarrollar un sistema de vida de trabajo moderno, dinámico y creativo, sobre una base de gran calidad de vida urbana. Sus principios básicos son: ecología, movilidad, desarrollo sostenible de las instalaciones, edificios e infraestructuras.

Viéndolo desde el ámbito energético, el objetivo consiste en abastecer el barrio Graz Mitte con energía 100% renovable, producida en su mayor parte por instalaciones de la localidad. Para conseguirlo, se hará uso de las redes energéticas ya existentes, se dispondrán de nuevas tecnologías que permitan la estabilización de las redes, se potenciará el uso de energías renovables en los edificios y se realizarán campañas a fin de informar y sensibilizar a los habitantes de la importancia del ahorro energético.

Por último, cabe reflexionar acerca de la situación en España, frente a la de Austria; y es que uno de los principales obstáculos que seguimos afrontando en España es la falta de concienciación de los consumidores y administración pública, que en muchas ocasiones no perciben la eficiencia energética ni como una oportunidad de ahorro ni mucho menos como una prioridad.

4.2 Concepto de eficiencia energética y casa pasiva.

La eficiencia energética es un concepto que cada vez está más en auge, y que aún hay un gran desconocimiento por parte de los usuarios. Controlar y reducir el consumo de energía es posible si es usada de una manera eficiente, es decir, produciendo más con menos.

Esto podemos conseguirlo a través de dos caminos: un uso inteligente de los sistemas empleados, como pueden ser el tipo de luminaria, una correcta elección de la caldera, buena ejecución del aislamiento térmico, selección de electrodomésticos...; o bien mediante el uso de recursos de energía renovable: aprovechamiento de la energía eólica, solar, subsuelo, hidráulica...La combinación de ambos caminos nos lleva a lograr lo que se denominan casas pasivas.

Cuando hablamos de viviendas pasivas, nos referimos a viviendas que tienen un gasto energético de calefacción anual inferior a 15kW/h m² al año. Para hacernos una idea del consumo, una vivienda media en un clima frío tendría una demanda de 65Kw/h; y una vivienda con calificación E, la calificación de consumo más común en España supondría unos 118Kw/h m²; es decir, que consumiría ocho veces más que una casa pasiva.

Centrándonos en el edificio El Rondo, los técnicos que formaban parte del proyecto se encontraron con unas nuevas regulaciones que entraron en vigor, y que no les permitía consumir más de 35-40 kw/h al año.

En un principio, el objetivo fue no usar más de 15kw/h m² en gasto energético total. Tras una serie de cálculos previos, estimaron que el edificio consumiría alrededor de 20kw/h m² al año, y al final una vez construido y puesto en funcionamiento su consumo ascendió a 25kw/h al año, lo cual sigue siendo mucho menos de lo exigido por las nuevas regulaciones.

Pese a los cálculos, no se puede estimar al 100% el consumo de cada vivienda, puesto que depende mucho de las personas que viven en ellas. Es decir, si disponen de un sistema mecánico de ventilación de aire a presión, y abren la ventana pese a ello (lo cual no tendría sentido), perderán energía. Por tanto, el consumo final dependerá muchísimo del comportamiento de la gente que viva en el edificio.

4.3 Eficiencia en el Rondo

En el edificio El Rondo, se logran casas pasivas, donde la eficiencia les acerca a un concepto de vivienda inteligente.

La mayoría de las personas, equiparan la vivienda inteligente con las tecnologías digitales y los dispositivos electrónicos, pero este concepto se acerca al edificio no solo por ello, sino por su funcionamiento social en el día a día.

Dicho esto, en el Rondo podemos diferenciar eficiencia social y funcional; y eficiencia energética.

Respecto a la eficiencia social y funcional, podemos destacar la distribución de espacios, la circulación en el interior del edificio, y el concepto de casa y trabajo en un mismo edificio, donde no hay posibilidad de horas perdidas por desplazamiento, tráfico..., y se puede disfrutar más del entorno familiar.

Por otro lado, existe la eficiencia energética, que se hace presente a través de la implantación de múltiples sistemas que veremos a continuación.

4.4 Suministro de energía en el Rondo

El Ingeniero Horst Fickel, especialista en gestión de energía y CO₂, creó un concepto general muy completo. Incorporó múltiples fuentes energéticas para contribuir a su mayor eficiencia.

Con todo ello se lograron casas pasivas con un consumo térmico de 10W/m². Todas las fuentes de energía empleadas son 100% renovables y, por tanto, CO₂ neutro.

A continuación, podemos observar el esquema del funcionamiento de la instalación, incorporando todos los sistemas:

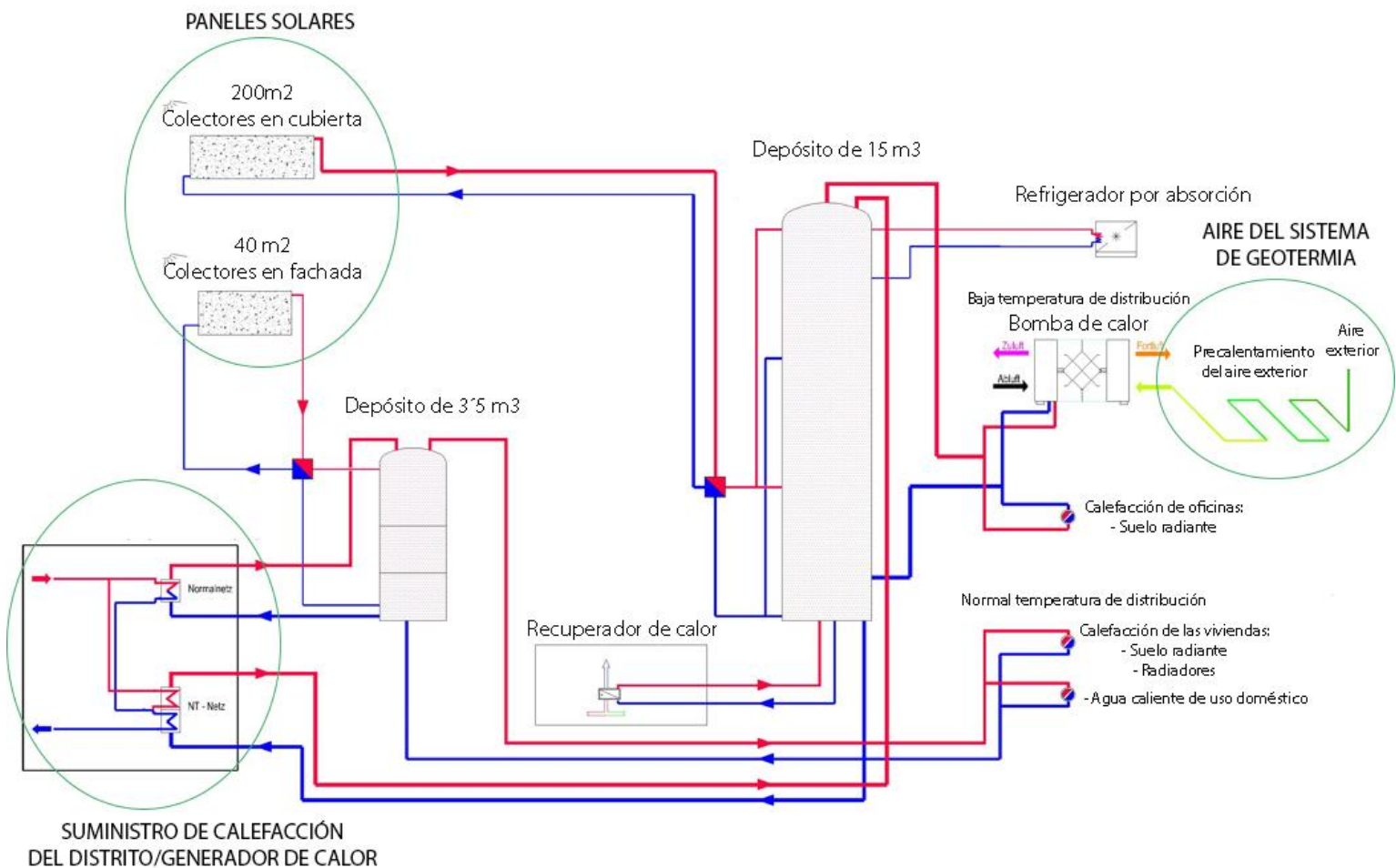


Ilustración 42: Esquema gráfico del circuito de aguas de la instalación

El sistema de suministro de energía en el Rondo, presenta un máximo de autosuficiencia, a través de tres fuentes: Colectores solares (Paneles solares de tubos al vacío), calefacción urbana (sistema antiguo que sigue funcionando en el distrito de Lend) y registro a tierra (geotermia).

Estas fuentes se completan mediante un sistema de ventilación, el cual asegura un suministro constante de aire fresco sin pérdida de energía; y un sistema de almacenamiento central de dos depósitos que almacena la energía en diferentes niveles de temperatura. Esto se debe a que, dependiendo de la función a la que vaya destinada el agua caliente. Se requerirá una temperatura u otra. De esta forma, se evita calentar agua de más innecesariamente.

Para el aire acondicionado y calefacción en las oficinas, se resuelve mediante colectores de vacío de alto rendimiento los cuales generan energía térmica suficiente (al menos 90°C). En verano, realizan un proceso de enfriamiento por absorción en frío para refrigerar los espacios de trabajo; mientras que, en invierno, los suministran de agua caliente y calefacción. Al contrario que los paneles tradicionales, los cuales se usan solo para agua caliente y calefacción, los paneles de tubos al vacío se usan también en verano para refrigerar, aprovechando la energía durante todas las épocas del año.

A la hora de refrigerar los espacios habitables, el aire se conduce a través del registro de tierra a 9 metros de profundidad (sistema de geotermia), enfriándose en verano, y precalentándose en invierno.

Las energías renovables empleadas, suponen una reducción de gastos notable, pero evidentemente, estas no son las únicas fuentes con las que se alimenta el edificio.

Una antigua planta de energía hidroeléctrica, que suministraba electricidad al antiguo molino, ha sido renovada y reconstruida. Se trata de una central hidroeléctrica con una potencia de 250 KVA ubicada en el patio interior del edificio.

Esta, aprovecha el arroyo que atraviesa el Rondo, para generar energía.

El Rondo también recibe energía, unos 150 KVA de otra central hidroeléctrica situada en Mühlgang, a unos 3 km de distancia. Por tanto, estas dos centrales proveen de electricidad y energía al edificio residencial y de oficinas.

La potencia de 400 kVA alimentará directamente a la estación transformadora local. Por razones legales, actualmente la energía no se transmite directamente a los usuarios, sino a través del desvío de "Energie Graz".

Normalmente, La energía eléctrica necesaria para el correcto funcionamiento del edificio podría ser producida únicamente por la propia planta de energía del Rondo, salvo en épocas concretas donde el consumo es mayor y necesitan abastecerse también de energía de la central hidroeléctrica en Mühlgang.



Ilustración 43: Imagen exterior de la central hidroeléctrica de El Rondo

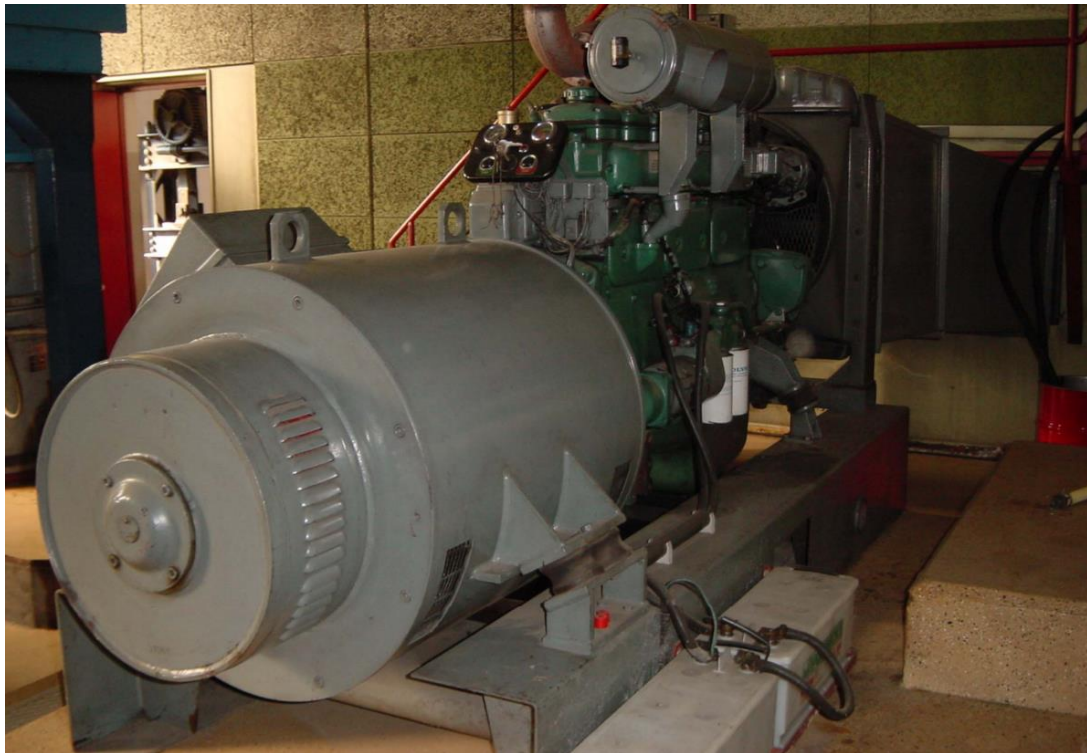


Ilustración 44: Imagen de la turbina usada en la central hidroeléctrica

4.5 Energías renovables en el Rondo

4.5.1 Geotermia

4.5.1.1 ¿Qué se entiende por energía geotérmica?

La estructura de la Tierra está dividida en capas a diferentes temperaturas; desde los 4000°C de la temperatura del núcleo terrestre, hasta los 15°C de media que podemos atribuir a la superficie, la cual queda condicionada por la atmósfera que redistribuye la energía mediante el flujo de aire; y la radiación solar. El calor central se va transfiriendo a la superficie mediante los mecanismos de conducción, convección y radiación; y se estima que cada 33 metros, la temperatura aumenta 1°.

De lo comentado con anterioridad, podemos hacernos una idea del concepto de energía geotérmica, que en palabras del Consejo Europeo de la Energía Geotérmica resulta ser aquella energía renovable almacenada en forma de calor por debajo de la superficie terrestre.

4.5.1.2 ¿Cómo se extrae la energía?

Para extraer la energía se precisa de un fluido que facilite el intercambio térmico, principalmente agua, y los elementos necesarios para las transferencias térmicas, entre el subsuelo y el exterior: bombas, válvulas, intercambiadores, etc.

El tipo de aprovechamiento variará en función del rango de temperaturas del fluido geotermal, y de su caudal, en suma, de la entalpía por unidad de tiempo disponible. Entendemos por entalpía a la cantidad de energía térmica que el fluido puede intercambiar con su entorno. Se mide en kJ/kg.

Esto nos hace pensar que la energía geotérmica queda directamente relacionada con la existencia de yacimientos energéticos que dispongan de altas temperaturas. Pero no siempre disponemos de las mismas temperaturas en subsuelo, por tanto, se distinguen diferentes grados de aprovechamiento según la entalpía de la que dispongamos, es decir, según la temperatura a la que se encuentre el fluido: alta, media, baja y muy baja entalpía.

a) De alta entalpía: corresponde a una temperatura superior a 150 °C lo que permite utilizar el vapor de agua en turbinas de producción de energía eléctrica.

b) De media entalpía: rango de entre 90 y 150 °C: usada para producir electricidad mediante un intercambiador.

c) De baja entalpía: rango ente 30°C y 90 °C: Aprovechamiento directo para la calefacción residencial y de instalaciones productivas.

d) De muy baja entalpía: corresponde a una temperatura inferior a 30 °C lo que permite utilizarla en asociación con bombas de calor para refrigeración y calefacción.

En el caso que está siendo objeto de estudio, el edificio de viviendas y oficinas Rondo, trabaja con una temperatura de muy baja entalpía, la cual explicaremos a continuación.

4.5.1.3 Sistema de geotermia de muy baja entalpía

El subsuelo, como hemos comentado anteriormente, tiene la capacidad de acumular calor y de mantenerlo a una temperatura sensiblemente constante entre los 10 y 20 metros de profundidad a lo largo de todo el año. La razón por la que la temperatura constante se alcanza a esta distancia se debe a que, a menor profundidad, sería afectada por la temperatura del ambiente.

Generalmente, para aclimatar edificios, resulta de mayor utilidad este sistema de muy baja temperatura, como en el ejecutado en el Rondo, para aclimatar el edificio.

En verano, debemos extraer calor del interior del edificio, por lo que el subsuelo actúa como un canal de salida. En invierno, nos encontramos con la situación contraria, donde necesitamos aportar calor al interior. En este caso, el subsuelo actúa como un manantial de calor con ayuda de unos intercambiadores de calor.

Para ello, a efectos de diseño, el sistema de geotermia estaría compuesto por los siguientes elementos para su correcto funcionamiento:

- o un intercambiador de calor subterráneo: generalmente agua, que se encarga de extraer calor del subsuelo o evacuar calor del interior del edificio.

Los intercambiadores se pueden clasificar en dos grupos: sistemas abiertos o sistemas cerrados. La principal diferencia es que en los sistemas cerrados hacen recircular el fluido que los recorre, mientras que los sistemas abiertos obtienen el fluido de otra fuente, como acuíferos, ríos...

- o una bomba de calor: transfiere el calor entre el intercambiador y el sistema de distribución del edificio. En función de su tamaño, se precisarán una o varias bombas.

- un sistema de distribución: distribuye el calor o el frío por el interior del edificio.

Por otro lado, dentro de los sistemas del intercambiador, se diferencian diferentes tipos de captación:

- Sistema cerrado de captación horizontal
- Sistema cerrado de captación vertical
- Sistema abierto de captación de aguas subterráneas

4.5.1.4. Sistema de geotermia empleado en el Rondo.

El Edificio que está siendo objeto de estudio, dispone de un sistema geotérmico de muy baja entalpía cerrado de captación vertical con sondas geotérmicas que alcanzan una profundidad de 12 metros.

Lo que llama mucho la atención de este proyecto es cómo han llegado a instalar el sistema de energía a través de la reutilización de un sótano existente en el viejo molino donde se encontraban los antiguos almacenes de trigo, centeno, maíz y otros cereales.

Dicho sistema, se instaló paralelo al arroyo, como podemos observar en la imagen de la página 51.

El sótano tenía una profundidad de 9 metros, distancia suficiente para encontrar una temperatura sensiblemente constante, a lo largo de todo el año.

Puesto que dicho sistema se ejecuta de forma vertical, la cantidad de espacio que ocupa respecto al edificio es prácticamente nula.

En el proceso de ejecución, no fue necesario realizar los sondeos, puesto que ya disponían de ellos, unos compartimentos de 2x2 donde se almacenaban los distintos tipos de cereales, por lo que directamente se procedió a la introducción de los tubos captadores en forma de "U" en cada uno de los orificios existentes, convirtiéndose en sistema de captación vertical o sondas geotérmicas.

Una vez colocadas las tuberías hasta el fondo, se procede a rellenar el hueco con arena de abajo a arriba.

Normalmente, durante el vertido de cemento o arena, se suele utilizar bentonita para evitar que el relleno se mezcle con el terreno, pero en este caso, no fue necesario su uso, puesto que, al tener los compartimentos ya realizados, no hizo falta la contención del terreno, es por ello por lo que se rellenó únicamente con arena.

4.5.1.5 Uso en el interior del edificio

El contenido de calor de este sistema de baja entalpía es insuficiente para generar energía eléctrica, pero suficiente para producir agua caliente y climatización, ayudándose de bombas de calor.

4.5.1.6 Ahorro que supone

La energía geotérmica es una de las energías renovables que generan un mayor ahorro, pese a su elevado coste inicial.

En comparación con los sistemas clásicos, la instalación geotérmica permite reducir el consumo de energía entre un 30% y un 70% en modo calefacción y entre un 20% y un 95% en modo refrigeración, al igual que una reducción en las emisiones de CO₂ de entre 50% y 80%.

Su instalación supone un coste más elevado, pero la inversión se amortiza en corto plazo. Esto se debe a su gran ahorro energético, y a las ayudas económicas que en algunos países otorgan para este tipo de instalaciones.

Es por ello por lo que, a la hora de la calificación energética, se obtiene una calificación mínima de B (consumo energético entre 55% y 75%).

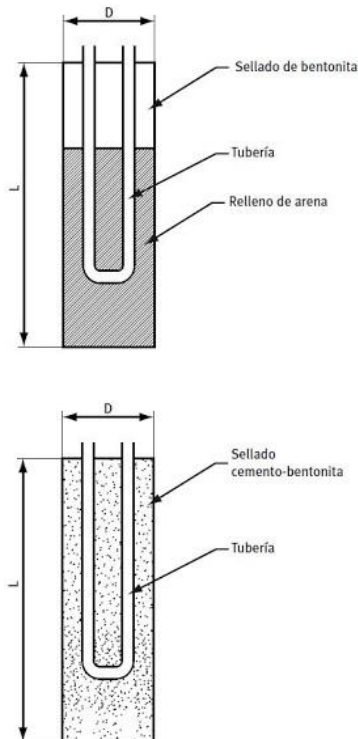


Ilustración 45: Ejemplos de secciones de intercambiador vertical

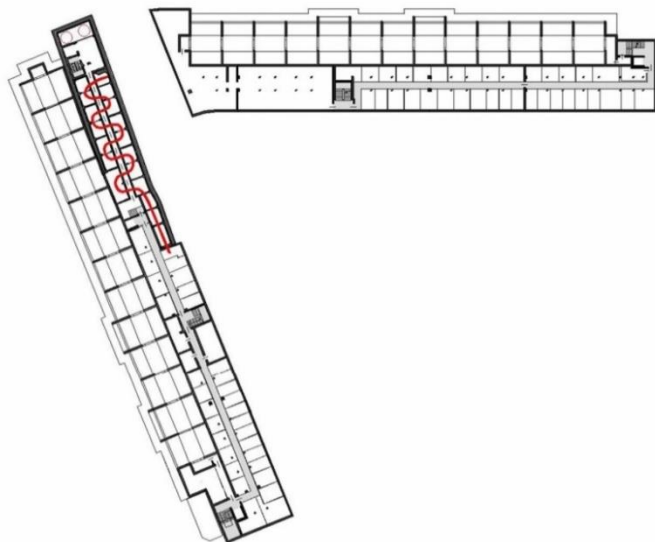


Ilustración 46: Plano de planta semisótano con localización del sistema de geotermia

4.5.2 Paneles solares de Tubos al vacío

Los colectores de vacío presentan el mismo principio de funcionamiento que los de placa plana convencional, es decir, la radiación solar llega al absorbedor y es trasladada en forma de calor a un tanque acumulador. La diferencia se centra en un mayor rendimiento de los colectores de vacío, puesto que se reduce considerablemente las pérdidas de calor producidas por conducción y convección entre la superficie que capta la energía y el cristal exterior a través del aire que existe entre los mismos.

Esto se debe a que, en los colectores de vacío, el absorbedor está formado por tubos al vacío para disminuir las pérdidas de calor, y en el interior del tubo se colocan las secciones del plato absorbedor. Esto solo supondrá pérdidas por radiación, puesto que se puede transmitir en el vacío.

Cabe destacar que la forma cilíndrica de estos tubos al vacío, reflejan más la luz del Sol que los planos, obteniendo mayores ganancias de energía solar. Pero la principal razón por la que los colectores tienen esta forma se debe al vacío que hay en ellos, disminuyendo muchísimo las pérdidas.

Por otro lado, los tubos al vacío permiten captar la energía solar pese a estar nublado o haber temperaturas muy frías; presentan un mantenimiento sencillo puesto que se pueden cambiar los tubos independientemente sin la necesidad de vaciar el circuito y por último, el montaje es mucho más sencillo ya que se puede realizar directamente en cubierta colocando cada tubo de forma individual.

Hay varios tipos de colectores al vacío:

- Tubos de evacuado simples
- Tubos de flujo directo
- Tubos de Heat-pipe (tubo de calor)

El tipo de colector que encontramos en El Rondo, y, por tanto, objeto de estudio, es el sistema de tubos Heat-pipe: Este sistema está formado por un tubo totalmente cerrado donde se introduce un fluido de determinadas características.

Los rayos solares llegan al absorbedor situado en el interior del tubo, provocando que el líquido absorba calor y se evapore. Una vez convertido en gas, asciende hacia la parte más alta del conducto en donde se encuentra el fluido más frío, y le cede su calor latente al condensar. Por último, vuelve por gravedad en estado líquido al fondo del conducto repitiendo el proceso, el cual finaliza cuando ya no hay radiación o cuando el colector se encuentra a una temperatura mayor o igual a 130°.

En El Rondo, estos paneles, están dispuestos en cubierta y en fachada ocupando una superficie de 250 m², suficiente para abastecer el 100% de las necesidades de agua caliente y una parte importante de la calefacción.

En total, la instalación consta de 104 paneles de tubos al vacío con unas dimensiones de 2'4 metros de largo por 1 metro de ancho cada uno. La instalación dispone además de unos sistemas de almacenaje del agua caliente producida en invierno, usada para calefacción y uso doméstico.

En los meses de verano, cuando no hay mucha demanda de agua caliente y calefacción, la energía producida por los paneles es usada para el aire acondicionado, sobre todo en las oficinas y estudios de trabajo, donde hay mayor demanda.

4.5.2.1 Uso en el interior del edificio

Como hemos mencionado con anterioridad, la energía adquirida por los paneles solares es utilizada para climatización y agua caliente sanitaria.

4.5.2.2 Características e inversión

Conocidas las dimensiones de los paneles empleados, se ha buscado entre diferentes empresas, la ficha técnica que cumpliera con las características conocidas (dimensión y tipo de captador-Heatpipe), a fin de conocer mejor los detalles de los paneles instalados en El Rondo.

De entre múltiples fabricantes, los que más se asemejaban han sido unos paneles de tubos al vacío Heat-pipe, del grupo Viessmann; un fabricante internacional de sistemas para calefacción con sede en Allendorf (Alemania).

A continuación, se mostrarán los detalles:

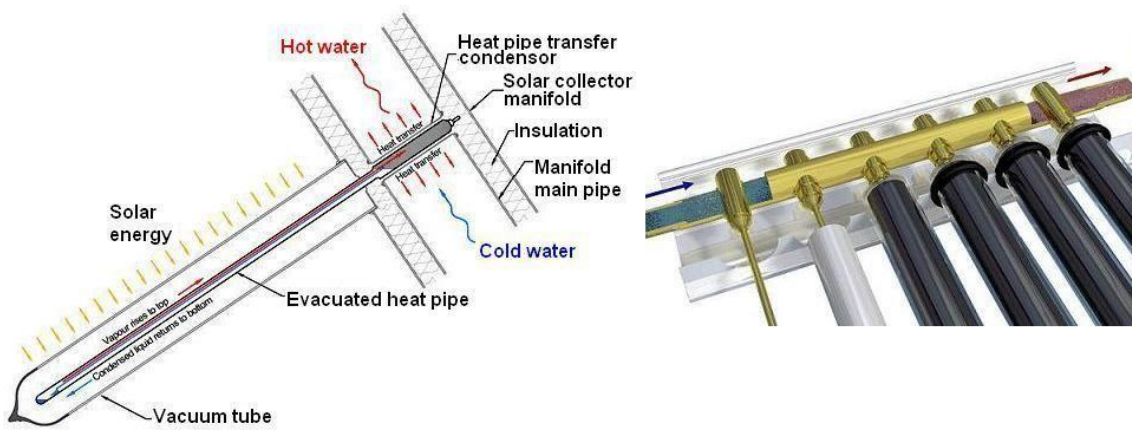


Ilustración 47: Detalle de paneles empleados en El Rondo y funcionamiento

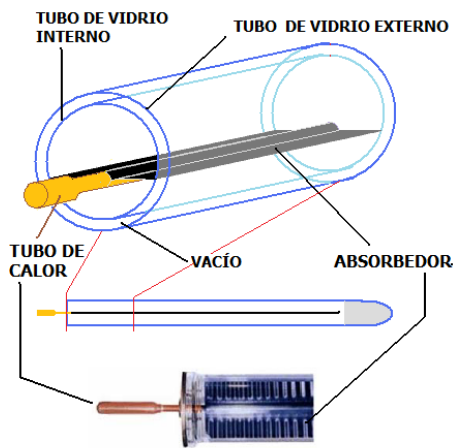


Ilustración 48: Composición tubos al vacío empleados en el Rondo

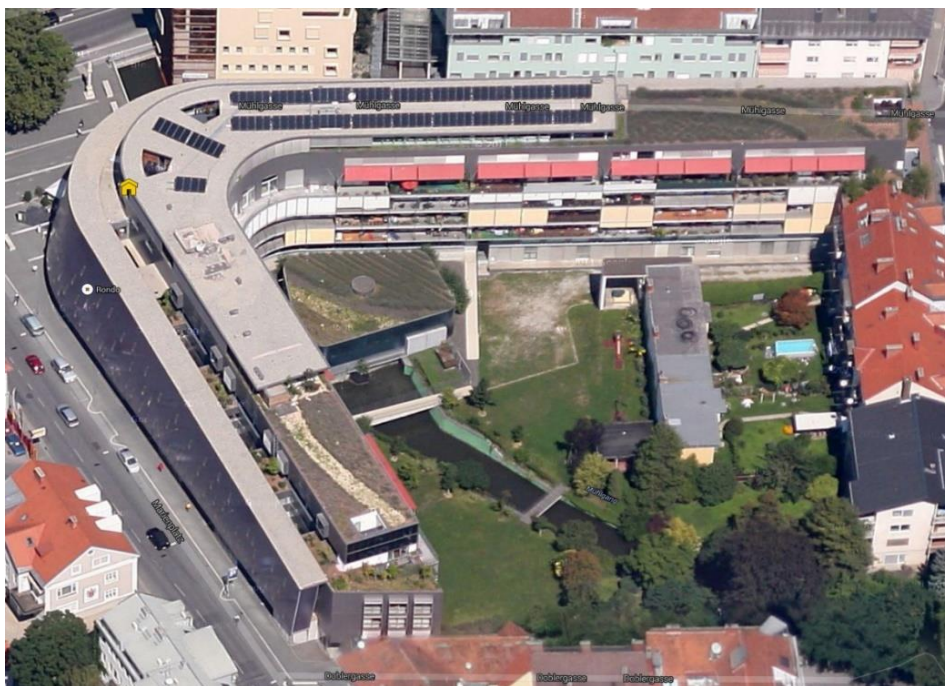


Ilustración 49: Vista aérea cubierta de El Rondo

Producto: VIESSMANN Vitosol 300-TM

Modelo: SP3C, 1,51 m²

Datos técnicos

Área total: 2,36 m²

Área de absorción: 1,51 m²

Anchura: 1.052 mm

Altura: 2.244 mm

Profundidad: 150 mm

Peso: 39 kg

Volumen del fluido: 0,87 l

Presión de servicio admisible: 6 bar

Temperatura de inactividad máx.: 155 °C

Valores de rendimiento (área de apertura)

- Área de apertura: 1,60 m²

- Rendimiento óptico: 75,2 %

- Coeficiente lineal de pérdidas k1: 1,906 W/(m²K)

- Coeficiente cuadrático de pérdidas k2: 0,006 W/(m²K²)

Valores de rendimiento (área total)

- Rendimiento óptico: 51,0 %

- Coeficiente lineal de pérdidas k1: 1,292 W/(m²K)

- Coeficiente cuadrático de pérdidas k2: 0,004 W/(m²K²)

Datos técnicos para determinar la clase de eficiencia energética (ErP) en base al área total

- Superficie total: 2,36 m²

- Rendimiento del colector: 45 %

- Rendimiento óptico (área total): 50,4 %

- Coeficiente lineal de pérdidas: 1,29 W/(m²K)

- Coeficiente cuadrático de pérdidas: 0,004 W/(m²K²)

- Modificador del ángulo de incidencia (IAM): 1,02

Nº Pedido: SK06738

Precio por unidad: 1.290€

Inversión inicial: 1.290€ x 104 paneles= 134.160€

Cabe decir que este no es el coste final de instalación, sino únicamente de los paneles, puesto que el edificio dispone de tanques de almacenaje donde se almacena el agua caliente.

4.5.3 Garaje mecanizado

El estacionamiento supone un gran problema en Graz ya que el espacio público se ha agotado, y la construcción de nuevos garajes es casi imposible.

El arquitecto Markus Perenthaler implementó un sistema de estacionamiento inteligente bajo el Rondo que ofrece parking no solo para los residentes, sino también para el público. El garaje consta de:

- 4 niveles
- 4 elevadores de tijera
- 4 cabinas de transferencia
- 2 S / RM (grúas apiladoras)
- 198 plazas de estacionamiento
- 687'12 m² de área de base

El coche se sitúa en un cubículo de vidrio sobre una plataforma desde donde es llevado a un hueco libre en algún lugar del garaje subterráneo de 4 plantas, situado en lo que era la antigua bodega del Marienmühle.

Los beneficios de este sistema son varios: no es necesario buscar aparcamiento libre y público; es un sistema más rápido; es apto para personas en sillas de ruedas; es más seguro en términos de vandalismo y robo; no hay necesidad de aire acondicionado continuo porque no hay contaminación del tráfico; no hay necesidad de iluminación continua...etc.

Cada plaza de garaje reduce cerca de media tonelada de emisiones de dióxido de carbono al año.

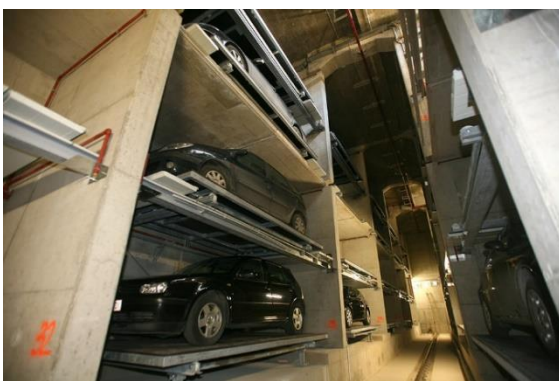


Ilustración 51: Vista interior del garaje mecanizado

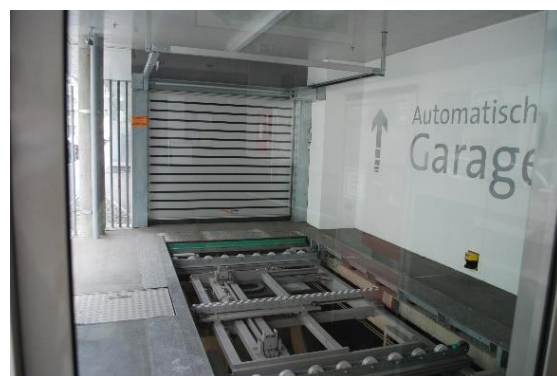


Ilustración 50: Plataforma de acceso al garaje mecanizado

4.5.3.1 Funcionamiento

Primero, el conductor se encuentra en frente del aparcamiento, donde deberá bajarse del coche y pasar un chip por un detector para poder acceder al interior del cubículo. No todo el mundo dispone del chip, solo las personas que viven en el edificio. Si deseas aparcar tu vehículo y no dispones de chip, deberás acceder al hall de entrada justo al lado, dirigirte a una pantalla y solicitar la apertura.

Una vez accede, sitúa el vehículo sobre la plataforma, sale del mismo y se ha de dirigir a la puerta de salida que da acceso directo a la entrada del edificio.

Cuando la puerta se cierra, el dueño del vehículo deberá obtener un ticket electrónico de una pantalla que se encuentra en la entrada, este ticket no será necesario para las personas que vivan en el edificio, puesto que basta con introducir un código de identificación.

Si lo que se desea es recuperar el vehículo, basta con solicitarlo en la misma pantalla mencionada anteriormente, de nuevo, introduciendo un código o la clave de un ticket electrónico.

El recorrido que sigue la plataforma hasta estacionar o recuperar el vehículo, no supera los dos minutos, suponiendo un ahorro de tiempo.

Cabe destacar que, para su mantenimiento y correcto funcionamiento, se hace uso del sistema inteligente KNX, el cual dispone de sensores ópticos que controlan la distancia entre los vehículos y su posición precisa.



Ilustración 52: Acceso peatonal al Rondo



Ilustración 53: Máquina de ticket del garaje mecanizado

4.5.3.2 Concepto energético

Siempre que se pone en marcha un proyecto de un parking, se requieren unas instalaciones necesarias, tanto en el propio parking como urbanas, ya sea público o privado.

Podemos encontrarnos aparcamientos en superficie o subterráneos, y ambos requieren de un consumo energético apreciable: instalaciones, iluminaria, ventilación, ascensores, ...entre otros.

Si nos paramos a analizarlo, el consumo mayor es la electricidad, puesto que es la que suministra energía para la iluminación normal o de salidas de emergencia, equipo de ventilación con extractores para evacuación de humos, detector de incendios, bocas de incendio, ascensores, montacargas...

Si pensáramos en porcentajes, el consumo energético generalmente quedaría dividido algo así:

40% destinado a iluminación

20% destinado a accesos motorizados

30% ventilación y extracción de humos

10% otros

Como podemos observar, para conseguir una buena eficiencia energética, hemos de reducir los costes energéticos en la factura eléctrica, agua y gas. Para ello podemos tomar control sobre las instalaciones, buscando su optimización.

El hecho de instalar un garaje mecanizado reduce notablemente estos porcentajes, no solo ahorrando en el consumo energético, sino también reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero durante el proceso de aparcar los vehículos.

La elección de un garaje mecanizado nos da múltiples ventajas a la hora de conseguir mayor eficiencia energética, entre las que destacan:

- **Uso reducido de la iluminación:** Sin duda, esto es algo que se hace visible en la factura de la luz, reduciendo el consumo hasta un 90%, puesto que la única parte que ha de ser iluminada es el cubículo donde el conductor introduce y recoge el vehículo, y algunos puntos de luces internos para realizar trabajos de mantenimiento.
- **Disminución del uso de extractores de humo:** reduciendo hasta un 90%, puesto que el vehículo se mantiene con el motor apagado, sin expulsar humo. Solo encontramos extractores en el cubículo de acceso y en el interior contra incendios.

- **Se reduce el consumo energético por motores como el caso de ascensores:** Se reduce entre 75-100% del consumo, puesto que el conductor únicamente accede a pie de calle, donde introduce y recoge el vehículo.
- **Disminución de coste por mantenimiento, limpieza y control de seguridad:** Algunas de estas labores se realizan mediante un sistema de control remoto.

Con todo lo comentado anteriormente, conseguimos una gran reducción del consumo energético, en comparación con un sistema convencional.

Cabe destacar que, en Austria, existe una norma la cual exige que los garajes mecanizados no se paralicen más del 2%, teniendo un funcionamiento continuo anual del 98%. Esto quiere decir que la resolución de problemas y los controles de mantenimiento deberán ocupar menos de cien horas anuales, reduciendo significativamente la energía que se invierte en estos garajes.

Respecto a la disminución de gases de efecto invernadero; en un garaje convencional, el hecho de tener que maniobrar y dar vueltas con el coche supone un gasto de combustible y una emisión de gases contaminantes. Si comparamos un parking subterráneo común con uno mecanizado, tendríamos los siguientes resultados:

Según los últimos estudios realizados por el D. Arquitecto Luis de Pereda Fernández, director de proyectos y técnico especialista de la empresa Integral Park System, se pueden clasificar dos formas de circulación en un parking.

La primera corresponde a accesos, esperas, maniobras, rampas...estimando una emisión de gases de:

- CO₂: 166 mg/m
- HC: 21´60 mg/m
- NO_x: 2´60 mg/m

La segunda corresponde al recorrido horizontal en el interior del parking:

- CO₂: 117´12 mg/m
- HC: 15´60 mg/m
- NO_x: 2´10 mg/m

En el caso de un aparcamiento subterráneo común, estimando un recorrido de 160 metros entre entrada y salida, y teniendo en cuenta los datos anteriores, supondría unas emisiones de gases bastantes considerables:

- CO₂: 21´4 g
- HC: 2´81 g
- NO_x: 0´49 g

En el caso de aparcamiento mecanizado, tan solo contabilizamos el movimiento horizontal de entrada y salida a la plataforma, estimando 10 metros, las emisiones serían:

- CO₂: 0´37 g
- HC: 0´05 g
- NO_x: 0´01 g

También hemos de tener en cuenta la emisión de CO₂ por la energía eléctrica consumida, que se estima en un 13´48 g

Por tanto, la emisión de CO₂ total en el proceso de entrada y salida del vehículo, supondría una emisión de 13´85 g, lo que supone una disminución del 36% comparado con un sistema convencional, contribuyendo a mejorar la eficiencia energética en el edificio.

4.5.3.3 Ahorro que supone-Resumen

Tras todo lo anterior, podemos hacernos a la idea de los grandes beneficios que supone la instalación de un garaje mecanizado desde el punto de vista energético:

- Supone un **ahorro de espacio y superficie** comparado con un sistema convencional. Para que sea rentable, estaríamos hablando de parkings de entre 50 y 60 plazas.
- **Se reduce considerablemente el volumen de la obra**, puesto que no es necesario el uso de forjados, ni escaleras, ni ascensores, rampas...
- **Se reduce el coste de la obra** al no disponer de instalaciones para ventilar.

- **Simplicidad de obra:** La obra es mucho más sencilla y menos compleja, puesto que únicamente lo forma una caja de hormigón donde se introducen las instalaciones para el correcto funcionamiento del garaje mecanizado.
- **Proceso de construcción sencillo** puesto que se pueden incorporar los elementos una vez finalizada la caja estructural y las instalaciones pertinentes, introduciendo las partes por el hueco del elevado, ayudando a optimizar el tiempo de obra.

Para la construcción de un garaje mecanizado, el 95% del material empleado es hormigón (caja estructural) y acero (sistema mecánico).

El uso de estos materiales, suponen un gran ahorro de energía, puesto que:

El hormigón es reciclable y se puede fabricar con materiales que han sido reciclados; lo encontramos con facilidad; permite el prefabricado.

El acero, por otra parte, es también reutilizable y desmontable. En la ejecución de un garaje mecanizado, la mayor parte del sistema está formado por perfiles de acero estándar.

- **Disminución de gases de efecto invernadero** hasta un 60%, lo cual disminuye también el gasto energético.
- **Gran variedad de soluciones técnicas**, lo cual nos permite ajustar el parking a nuestras características de proyecto, personalizando cada detalle.

4.5.4 Luminotecnia

El consumo energético a causa de la iluminación en Europa ocupa el 14%, pudiendo reducirlo mediante el control y uso de nuevas tecnologías, tanto en edificios de nueva planta, como en obras de rehabilitación.

En el edificio que está siendo objeto de estudio, han incorporado dos sistemas de control de iluminación y se han instalado luminarias de última generación que mejoran el rendimiento y la eficiencia del edificio.

4.5.4.1 Luminaria empleada-LEDS

Las luces LED (Light Emitting Diode-Diodo emisor de Luz) han cambiado totalmente nuestro concepto de iluminación, tanto desde el punto de vista energético como desde el diseño.

Las luces LED tienen una vida mucho más larga que los sistemas convencionales. Esto evita que tengamos que realizar continuos cambios de lámparas, suponiendo un ahorro económico a largo plazo y reduciendo el número de residuos.

Para hacernos una idea, la duración de las luces LED es diez veces más que las luces halógenas tradicionales. Las lámparas halógenas tienen una vida de 1.500 horas, por su parte, las LED, tienen una vida de 15.000 horas aproximadamente.

4.5.4.2 Sensores de luz

En el Rondo, han instalado un sistema de detector de luz diurna, a fin de regular la intensidad de luz en cada momento del día y conseguir una mayor eficacia. Se trata de un sistema que se ha incorporado en las luminarias de los estudios y oficinas, sobre todo en las zonas próximas a las ventanas.

4.5.4.3 Sensores de movimiento

Se ahorra un 30% del gasto de luz.

Este sistema se ha usado en el cubículo de acceso y salida del parking mecanizado, en los accesos al edificio, en los pasillos de circulación y en las escaleras.

Estos sensores, utilizan una tecnología de rayos infrarrojos, detectando la temperatura de las personas y encendiéndose automáticamente. Pasado un tiempo considerado donde no se detecte ningún cuerpo, el sistema se apagará.

4.5.5 Otros recursos empleados

4.5.5.1 Diseño de lámpara para oficina

Impulsados por la necesidad de encontrar la luz perfecta en su entorno de trabajo, y continuando con la idea de eficiencia energética y ahorro, el arquitecto Markus Pernthaler junto con su hijo Benjamin, pusieron en marcha el diseño de una lámpara que se adaptara a todas sus necesidades.

Ambos dedican gran parte de su día a día a diseñar sobre su mesa de trabajo, y consideran que la luz de sus oficinas no era la más apropiada para ello.

La luz de sus despachos incidía sobre toda la sala, suponiendo un derroche de energía considerable teniendo en cuenta que el único lugar de trabajo era la mesa.

Para ponerse en marcha con el diseño, partieron de la normativa en Austria, la cual exige tener 3000lux en el espacio de trabajo. Un sistema clásico es tener luminaria instalada en todo el techo y tener 3000lux en toda la sala; pero realmente no estás haciendo uso de todos esos lux, y, por tanto, estás perdiendo energía. Donde verdaderamente se necesita luz, es sobre la mesa de trabajo, y por esta razón decidieron diseñar una lámpara de mesa basada en los siguientes principios.

Decidieron poner luz indirecta de 2000 lux para todo el espacio de trabajo, pero sobre la mesa de trabajo 1000 lux.

Esto permite que sea un sistema flexible, si mueves la mesa, mueves la luz. Con el otro sistema donde dispones la luz en el techo, no tiene ninguna flexibilidad. Una vez que lo construyes, no es conveniente mover la mesa de trabajo. Si por el contrario hay una lámpara, puedes desplazar la mesa y la lámpara al mismo tiempo, por tanto, siempre habrá la luz necesaria, y por consiguiente, se ahorrará energía con la luz indirecta.

Todo esto fue calculado por profesionales y simulaciones, las cuales estimaron un ahorro del 30% de la electricidad respecto al sistema convencional.

Es cierto que existen lámparas que se puede situar sobre la mesa de trabajo, pero no son flexibles, porque no permiten cambiar horizontalmente su posición. Con este nuevo diseño, se puede desplazar la luz a cada rincón de la mesa.

FORMA Y FUNCIÓN

Haz

La luz se centra en la superficie de la mesa e ilumina sin presencia de reflejos, siendo eficiente y directa. Al tener una distancia reducida hasta la mesa de trabajo, permite que los niveles de iluminación sean muy buenos con una potencia muy inferior a la de un sistema convencional.

Brazo

La forma permite colocar una pantalla por delante del mismo, o incluso unido a este.

Por otro lado, el Haz puede moverse horizontalmente sobre el brazo

Pie

La luz puede regularse a través de un cilindro de aluminio que se encuentra en el pie de la lámpara, permitiendo subir o bajar la intensidad en función de las necesidades de energía.

4.5.5.2 Sistema KNX

En el edificio de viviendas y oficinas Rondo, encontramos instalado el sistema KNX, de Busch-Jaeger. Este se trata de un sistema de control inteligente y remoto, conectado a la vivienda y a los usuarios a través de los medios informáticos (móviles, ordenadores, Tablet...), por lo que las personas pueden manipularlo en cualquier momento.

El sistema es muy complejo:

- Cuatro estaciones meteorológicas disponen de la información necesaria para controlar de forma eficiente las persianas, proporcionando una temperatura de confort, incluso en casos donde la incidencia del sol es alta.
- Control y regulación de la iluminación
- Control del aire acondicionado, calefacción y ventilación.
- Control de la seguridad y la vigilancia: Alarma de robo, alarma de incendios...
- Gestión de energía y consumo, pudiendo desconectar o conectar los electrodomésticos de la casa, o bajar el voltaje en los mismos.
- Telecontrol
- Acceso remoto a la vivienda a través de cámaras
- Control de humo
- Control de cortes de energía



Ilustración 54: Lámpara de mesa diseño Perenthaler

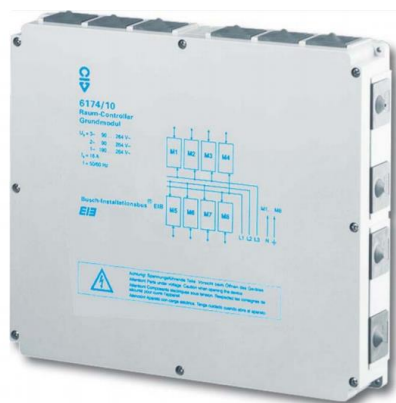
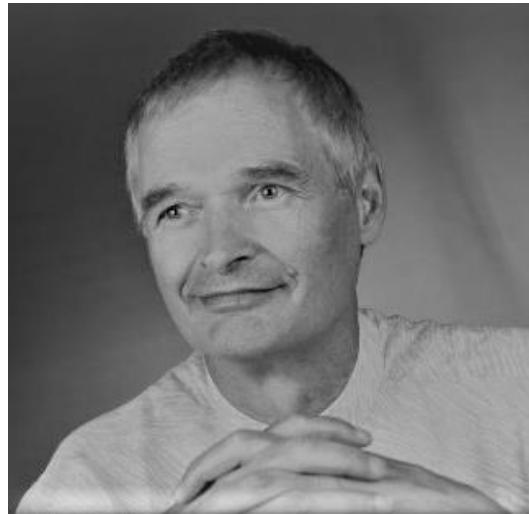


Ilustración55: Sistema KNX

ENTREVISTA AL ARQUITECTO MARKUS PERNTHALER



Markus Pernthaler

Un arquitecto aferrado a la eficiencia

Markus Pernthaler es uno de los arquitectos más innovadores del país. Sus edificios son plantas de energía altamente complejas, ecuaciones con cientos de variables, maravillosos ejemplos para contribuir a la preservación del medio ambiente y a crear un futuro mejor.

Teresa Lara Sánchez de Puerta en conversación con Markus Pernthaler:

¿Cuál fue su mayor reto a la hora de enfrentarse a este proyecto?

"Encontramos muchos problemas que resolver, empezando por las dimensiones del edificio.

Primero intentamos usar partes de la antigua estructura para crear un nuevo proyecto, pero después de un año estudiando esta idea, nos dimos cuenta de que no era una solución económica, que teníamos que empezar de cero, por lo que ese fue nuestro primer reto, coger otro camino, destruirlo todo y comenzar a construir de nuevo."

¿De la estructura que habla es la del antiguo molino Marienmühle no? ¿Entonces no queda nada de aquello?

"Ciertamente hay una cosa que mantuvimos, y fue la antigua central hidroeléctrica, una vieja parte del antiguo molino, que actualmente forma parte del gran espacio verde que abraza el edificio.

Fue el primer proyecto como desarrollador de una idea desde cero...yo no soy un inversor por ejemplo... Para desarrollar la idea tuvimos que decir: ¿vale, cual es el camino para hacerlo? ¿Como tratar con las autoridades? Por ello tuvimos

que aprender mucho; por lo que, por supuesto supuso un reto, porque no habíamos tenido una experiencia parecida antes como desarrolladores.

Y el proyecto en sí mismo se creó paso a paso. Para resolverlo dijimos, vale, tenemos un cruce en frente, una carretera en frente del edificio, al igual que la complicación de la forma curva. Pero dijimos: no queremos abrirnos a esta calle debido a la contaminación acústica, así que giramos el edificio para crear un espacio verde en frente de las casas.

Como arquitectos, no sabíamos cómo tratar con la parte paisajística, por lo que para el espacio exterior sugerimos una competición para artistas, con los cuales trabajamos mano a mano.

Debido al tráfico de fuera, a la contaminación del aire...y con un programa de 7000 m² neto de viviendas y 5000 m² de oficinas con diferentes funciones, nos planteamos cómo protegerlos de esta situación urbana, por lo que desarrollamos una piel (membrana de policarbonato) para proteger y creando una zona intermedia entre la calle y las estancias. Este espacio fue muy interesante de trabajar porque no es privado, no es público...es algo intermedio, por lo que fue un reto trabajar el exterior."

Respecto a la membrana de policarbonato... ¿Pensó desde un principio en usar policarbonato, o barajó otras ideas?

"No, pensé en cristal. Ahora que han pasado 10 años, si volviera atrás usaría otro material: paneles fotovoltaicos transparentes, pero nos encontraríamos frente al problema del coste; y este material (policarbonato) fue muy barato comparado con una fachada de vidrio. Por supuesto que el punto económico fue decisivo."

¿Qué soluciones constructivas le dio a esta piel?

"Hay dos perfiles, arriba y abajo, y en medio hay miles de huecos fijos, pero es un sistema que es así (dibuja) y aquí pones partes en metal y las fijas. Para darle mayor rigidez a la estructura, tenemos construcción de acero en medio.

Algo que has de saber es que las ventanas se volaron por el viento un año después de la construcción y tuvimos grandes daños, partes de la fachada fueron totalmente destruidas."

¿Qué solución le dio a aquella situación? ¿Como recompuso la fachada?

"Primero teníamos paneles de 70 cm unidos entre sí, pero cuando la reconstruimos, usamos paneles de 35 cm porque tienes doble opción de unirlos."

¿A cerca del terreno, qué tipo de terreno se encontraron y qué tipo de cimentación usaron?

"Teníamos enormes sótanos del antiguo molino con muros bajo tierra alrededor de 9-10 metros dentro del suelo y nosotros no destruimos la estructura. Lo que hicimos fue meter aire e ir con el aire así con un sistema mecánico para el aire.

Por lo que en verano enfriamos el aire y en invierno introducimos aire caliente dentro de las estancias.”

¿Se refiere usted a un sistema de geotermia con sondas verticales?

“Correcto. Era barato, lo teníamos, y es un sistema que trabaja muy bien.”

Al estar cerca de un río, imagino que el terreno es húmedo. ¿Tuvieron problemas de asentamiento?

“Esa es una cuestión que resolvieron los ingenieros.”

¿Tiene algún sistema de baterías donde almacena la energía que obtiene del terreno?

“En este edificio no. En otros edificios hemos empezado con otras tecnologías, pero en este aún no están implementadas.

Lo que tenemos son paneles solares en cubierta para el agua caliente. Usamos tubos al vacío, pero creo que no los voy a usar nunca más porque se están volviendo cada vez más ineficientes, trabajan bien, pero no son tan eficientes como nuevos productos que hay ahora en el mercado. Sistema bueno pero muy caro. Preferimos desde hace cinco años usar elementos fotovoltaicos y geotermia, porque es muy fácil combinarlos. Lo que sí tenemos en el Rondo es dos almacenes de agua, porque si usas el sol, usas la electricidad, por lo que necesitas un sistema de almacenamiento. “

Respecto a los paneles solares de tubos al vacío que ha mencionado, ¿qué tipo de instalación usa dentro del edificio?; es decir, ¿lo uso para calefacción, agua caliente...?

“El sistema de paneles de tubos al vacío produce agua caliente y tenemos sistemas de almacenaje, por lo que recolectamos toda el agua caliente y lo distribuimos por todo el edificio. Lo usamos para calefacción y agua propia.”

¿Sabe cuanta energía consume por año este edificio, implementando todos estos sistemas?

“Por ejemplo, si lo comparamos con el edificio que mantuvimos en el solar, que es un bloque de viviendas de tamaño medio

Tienes que calcular para calefacción entre 80 y 120 kw/h al año, eso en un viejo edificio. Con las nuevas regulaciones que entraron en vigor cuando construimos este edificio, en este momento, tienes permitido consumir entre 35 y 40 kw/h al año. Por tanto, este edificio presenta un estándar de casas pasivas por lo que nuestro objetivo fue no usar más de 15kw/h.

Más tarde hemos desarrollado otros proyectos con el mismo concepto, y hemos conseguido no superar los 10kw/h. En base a mis cálculos previos, estime que este proyecto consumiría alrededor de 20kw/h al año y al final consume 25kw/h al año. Sigue siendo mucho menos de lo exigido en las regulaciones; pero los

cálculos no muestras realmente cuanto consumes, puesto que depende mucho de las personas.

Si abren la ventana a pesar de tener sistemas de ventilación con aire a presión, sistemas mecánicos, ...si la abren no tiene sentido y perderán energía. Por tanto, depende muchísimo del comportamiento de la gente que vive en este edificio.

Actualmente, las personas que viven en casas con bajo consumo energético, casas pasivas, deben de ser enseñados a cómo usar estos sistemas. De todos modos, funciona bien."

En el garaje mecánico que usó, encontró problemas... ¿qué tipo de pantallas usó?

"Usamos un sistema para contener la construcción con pantallas y anclajes.

Primero construyes y luego metes los muros. No puedes dejar los anclajes, los tienes que retirar una vez finalizada la construcción.

Una vez que está construido, ya no los necesitas más, porque tiene unos 10-11 metros aproximadamente."

Respecto la luz, considero que la trabaja con mucha sensibilidad. Por tanto, ¿qué papel juega la luz dentro de su edificio?

"Es muy importante, si hablamos de la sostenibilidad en los edificios, tenemos que reducir el consumo de electricidad, y la luz es una parte.

Por lo que nosotros desarrollamos por ejemplo para los espacios de trabajo, un sistema basado en lo siguiente: primero partimos de las regulaciones, las cuales dicen que tener 5000lux en el espacio de trabajo. Un sistema clásico es tener luminaria instalada en todo el techo y tener 5000lux en toda la sala; pero realmente esto no lo necesitas. Donde necesitas es sobre la mesa de trabajo, por tanto, lo que hicimos fue diseñar una lámpara que se pone sobre la mesa. Lo que hicimos fue poner luz indirecta entre 1500 y 2000 lux para toda la habitación, pero sobre la mesa tenemos 1000 lux, pero puedes cumplir con eso.

Si mueves la mesa, mueves la luz. Es un sistema flexible. Con el otro sistema donde dispones la luz en el techo, no tienes ninguna flexibilidad. Una vez que lo construyes, no puedes mover la mesa de trabajo. Si por el contrario tienes una lámpara, tú mueves la mesa y la lámpara al mismo tiempo, por tanto, siempre tendrás la luz necesaria sobre tu mesa de trabajo. Podemos ahorrar energía con la luz indirecta.

Calculamos por supuesto con profesionales y simulaciones, que podemos ahorrar alrededor del 30% de la electricidad respecto al sistema antiguo.

Es cierto que existen lámparas que puedes situar sobre tu mesa de trabajo, pero no son flexibles, porque no puedes mover horizontalmente su posición, con el diseño de lámpara que nosotros hicimos, podemos desplazar la luz a cada rincón de la mesa."

¿Usted me ha hablado de luz artificial, pero respecto a la luz natural...como la maneja? Dobles alturas, luz entre edificio y membrana...Creó estos espacios pensando en la luz natural, ¿o en algo más?

“Primero por la calidad del espacio, y por supuesto por la luz. Luz natural y luz artificial es un punto muy importante para mí.

Hoy en día tenemos multitud de opciones: LED, es un sistema fantástico en mi opinión, no desde el principio, pero hoy en día puedes conseguirlas por 2700 – 7000 Kilowatt. Tienes todo el rango y cada vez trabajan mejor; y no usan energía. En lo que nosotros necesitábamos antiguamente 100-60 vatios en las viejas lámparas, ahora tenemos 4.5 o 6.5 vatios: es más de 10 veces menos del consumo energético. “

¿Ha instalado algún sistema de sensores en la luminaria?

“Si, tenemos un sistema de sensores de luz y de movimiento. Pero he descubierto un nuevo sistema llamado RGBW, que suele usarse hospitales. Cambian de color dependiendo de la luz exterior. Copia dentro de la habitación la luz que hay en el exterior. Con la luz puedes ayudar a curar pacientes. Por lo que este es un sistema muy especial.

En mi casa no necesito el sistema de RGBW, por tanto, si usas un sistema de luz blanca de 2700 -5000 Kelvin, puedes cambiar el blanco por un tono rojizo o por uno azul, y ese es el sistema que a mí me gusta. En este momento, por ejemplo, la luz está cambiando a rojo, la luz se está volviendo caliente, por lo que deberíamos tener la misma condición de luz en el interior. No está bien cuando fuera tienes una luz muy caliente y dentro muy brillante; por lo que combinas el exterior y el interior, o adaptas la situación interior a la exterior.

También hay que tener en cuenta que, si por ejemplo estás trabajando en una competición, necesitas luz azul para mantenerte despierto, si tienes roja, te calmara...”

Muchas veces la gente busca precios baratos, pero no piensan en el largo plazo... ¿Cree que en el futuro el precio de estos sistemas bajará para que la demanda suba?

“Decir voy a construir lo más barato posible, es muy estúpido, porque si la calidad es buena, tendrá una vida más larga y habrá que reparar menos veces.

Pero en la arquitectura encontramos dos perfiles: Uno el inversor, que construyen y venden, y quieren sacarle la máxima rentabilidad, no están interesados en los costes extras una vez finalizada la obra. Si tenemos inversores que van a alquilar, es completamente distinto, porque pueden alquilar para ganar dinero, pero si tienen que hacer reparaciones y mantenerlos, el coste se eleva. Por tanto, depende de qué tipo de cliente nos encontremos. Nuestro trabajo como arquitectos es intentar mostrarles la opción correcta, aunque no sea la más económica, y decirles, lo hacemos por ti o por tus clientes.”

¿Es difícil convencer a los clientes de que, a la larga, ahorrarán?

"A veces es casi imposible. Pero hoy en día cada vez más y más clientes piensan del lado de la eficiencia energética.

Considero que debemos avanzar más en las casas pasivas y encontrar nuevas soluciones. Yo no estoy muy a favor de las nuevas regulaciones, porque hoy en día no es muy importante para mí si consumimos en un edificio 20 o 30kw/h al año, como mucho yo produzco para mí mismo en el interior de la vivienda, no necesito usar 25 cm de aislamiento, no me gusta ese sistema. Las casas pasivas se miden con aislamiento, por ejemplo. Más y más aislamiento para no perder energía del interior al exterior. Pero yo digo, nosotros reducimos el aislamiento porque es caro y pensamos otras soluciones, trabajar con materiales nuevos y evolucionar."

¿Qué mensaje le daría usted a los futuros arquitectos?

"Depende de la personalidad, de lo que tú quieras como arquitecto, tienes que estar listo para luchar como arquitecto. Tienes que estar preparado para convencer a tus clientes de tus ideas, y luego, el mundo se te abrirá, desde el punto positivo y el negativo.

Yo tengo muy buena relación con mis clientes, pero están aquellas personas que nos proponen trabajar con ellos, ellos simplemente no son nuestros clientes, por lo que llegar a un consenso entre diferentes equipos, resulta a veces frustrante.

Creo que lo más importante es llegar a un consenso con tu cliente, pero no a un compromiso, esa es la diferencia; porque yo soy el arquitecto, no el cliente. Eso significa que no me gusta comprometerme en la arquitectura, pero es muy importante encontrar un consenso con el cliente: qué quieren, cuál es su filosofía de vida...una vez sepas eso, tienes que trabajar para tu cliente, pero la solución, la solución arquitectónica es mi parte.

Respecto a lo que ocurra en el interior...puede que no te guste la decoración, las reformas que hagan...pero al final yo no voy a vivir allí, lo va a hacer mi cliente, por lo que como arquitectos lo que podemos hacer es el marco: un espacio agradable, buena luz, buen contenido probablemente, sostenibilidad...después de eso, lo demás queda en manos de ellos."

CONCLUSIONES

Una vez se alcanza el final de un trabajo, es necesario rematarlo con las conclusiones obtenidas tras la investigación y el desarrollo del objetivo marcado, que en este caso era "la puesta en valor de la importancia de la eficiencia energética de un edificio".

En primer lugar, el resultado más relevante es la confirmación del objetivo: efectivamente, la eficiencia energética juega un papel crucial en los edificios. La acción de construir y el mantenimiento de la obra acabada consumen unos niveles de energía muy altos, tanto como para considerarse muy nocivos y perjudiciales para el medio ambiente. No es la huella de un pequeño animal, es la impronta de un titán.

Por ello, en segundo lugar, la conclusión que arroja ciertas dosis de esperanza es la existencia de un gran abanico de posibilidades para alcanzar un nivel adecuado de ahorro energético en un edificio. No existe una sola manera, sino que hay muchas y muy diversas según las características de la construcción en la que se quiera aplicar. Esta variedad, por lo tanto, permite la aplicación de diferentes soluciones constructivas que no coartan la creatividad del proyectista ni la comodidad los usuarios. "Todo" es posible, y además, de manera eficiente.

Estas soluciones abarcan desde sistemas activos de ahorro como la implantación en el edificio de energías renovables y tecnología inteligente hasta soluciones pasivas como la forma del edificio, la organización de espacios y la transición de estos. Toda inversión que se pueda hacer en estos dos ámbitos acaba siendo rentable, porque se alcanza una reducción considerable del coste energético anual.

Pero la clave del trabajo no son las cuestiones teóricas sino la aplicación de las mismas en un ejemplo práctico, en un edificio concreto. Todas estas soluciones activas y pasivas se utilizan en el Rondo, como el aprovechamiento de antiguos sótanos para instalar el sistema de geotermia. Ahora, queda claro en el trabajo que el empleo de unos recursos concretos no es fruto del azar, sino del estudio del lugar que dirige, encauza y enfoca cuáles son los más adecuados para esa obra. En definitiva, las soluciones se aplican, sí, y las soluciones funcionan, también.

Por último, la conclusión que cierra este trabajo apela a la conciencia del arquitecto. De nada sirve esforzarse en estudiar y poner de manifiesto las deficiencias energéticas y proyectuales de la obra construida si no existe una intención, un ánimo de mejora y cambio. Si algo intenta este trabajo es acabar con los prejuicios del ahorro energético. Su aplicación no destruye la parte artística de la arquitectura, más bien la potencia. Está en la mano de todos los que ejercen esta profesión no mejorar el mundo, pero sí frenar su acelerada ancianidad.

VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha resultado muy satisfactoria y me ha aportado mucho más que conocimientos. Gracias al mismo, he podido relacionarme de primera mano con grandes profesionales expertos en el campo de la eficiencia energética, el cual ha sido un tema que siempre ha despertado mi curiosidad.

Me ha sorprendido gratamente todo lo que este edificio escondía, y durante mi investigación, cada parte que descubría me hacía querer conocer más y más de esta gran obra.

Anteriormente, mis conocimientos acerca de sistemas como la geotermia o los paneles solares eran ideas generales y aisladas. El poder estudiar cómo trabajan en un edificio, qué elementos lo configuran, y cómo se relacionan entre ellos para contribuir al buen funcionamiento del sistema de aguas, me ha resultado mucho más interesante.

Personalmente, considero que en España nos queda mucho camino por delante para alcanzar a países como Austria o Alemania respecto al ámbito energético, por lo que me gustaría con este trabajo, concienciar a consumidores y administraciones públicas para que consideren la eficiencia energética como una prioridad y una oportunidad de ahorro.

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

LISA BAKER (2014) Courtyard: Architecture+Design (1a. ed.) Graz: Braun

NIKOLAUS HELLMAYR (2009) Markus Pernthaler 902010 (1a. ed) Graz: raum.kunst.graz

D.LUIS DE PEREDA (2007) Guía de Ahorro energético en garajes y aparcamientos- Capítulo 6: Aparcamientos robotizados y semiautomáticos. Una estrategia hacia la sostenibilidad y eficiencia energética. Madrid: Dirección General de Industrias, Energías y Minas.

MARKUS PERNTHALER (2002).Architektur und Generalplanung (1a. ed) Graz: AVL

CENSOLAR (2009). La Energía Solar-Aplicaciones Prácticas (5a. ed) Sevilla: PROGENSA

L.L. FRERIS; DAVID INFIELD (2008). Renewable energy in power systems. Argentina: LEA

FELIX A. PEUSER, KARL-HEINZ REMMERS, MARTIN SCHNAUSS (2007) Sistemas solares térmicos - diseño e instalación (1a. ed) PROMOTORA GENERAL DE ESTUDIOS

JOHN A DUFFIE, WILLIAM A BECKMAN (2006) Solar Engineering of Thermal Processes (3a. ed) Chichester: JOHN WILEY & SONS INC

BALCOMB J. DOUGLAS (1992). Passive Solar Buildings. Massachusetts Institute of Technology: MIT Press

ERIAS REY, A., ALVAREZ-CAMPANA GALLO, J.M (2003) Evaluación ambiental y Desarrollo sostenible. Ed.Pirámide, Madrid.

RUFES, P. (2010). Energía solar térmica: Técnicas para su aprovechamiento. Barcelona: Marcombo.

Publicaciones:

LLOPIS G.;LÓPEZ,C.(2009). Energía geotérmica superficial para la climatización de edificios. Barcelona: InGEOpres-Ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente, Nº 180, 44-48 pp

MANDS,E.; SANNER,B. Energía geotérmica a poca profundidad. UBeG GBR. 12pp.

PÉREZ, RUÍZ, J (2010). Utilización de la energía geotérmica en climatización. Energética XXI, 86-87

GALARZA,V. (2008). Sistemas integrales de eficiencia energética para calefacción, climatización y agua caliente sanitaria. Obras Urbanas, 56-64

DI Dr. MARTIN J. F. STEINER (2012). Energieautarkes Wohn- und Bürohaus. Kooperation TGA – IG Energieautarkie, 54-57.

ING.FICKEL HORST ROBERT (2008) Das energieautarke Wohn- und Bürohaus „RONDO“ Graz. Graz: Energieautarkie-Kongress.

Páginas Web consultadas:

MARKUS PERNTHALER ARCHITEKTEN. “Rondo-Wohnen & Freizeit”. *pernthaler.at* DI Markus Pernthaler Architekt ZT GmbH. Consulta Web. 4 oct. 2017

GRAZ UNESCO CITY OF DESIGN “Markus Pernthaler Architek” *graz-cityofdesign.at*. Web. 7 abr. 2018

JÖRG KINDERMANN “Projekt Marienmühle” *gat.st* Architektur Steiermark 9 marz. 2005. Consulta Web. 22 nov. 2017

HANS SCHWEIGER “Sistemas de Energía Solar Térmica”, *www.uib.es/facultat/ciencias/prof/victor.martinez/recerca/jornades/sitiosolar.com* AIGUASOL Ingeniería, 2003. Consulta Web 23 may. 2018

WIKIWAND “Grazer Mühlgang” *wikiwand.com*. Consulta Web. 13.abr. 2018

BLOGSEAS “¿Qué es KNX?” *www.seas.es/blog/automatizacion/que-es-knx/CAMPUSSEAS 2014*. Consulta Web. 3 jun. 2018

SCHNEIDER-ELECTRIC “Sistemas domóticos-Descubre en sistema KNX” *www.schneider-electric.es/es/home/house-electrical-products/knx-control-system/* Consulta Web. 3 jun. 2018

SOLARMAT “Catálogos de colectores solares” <http://solarmat.es/es/kit-solar-termosifon/kit-termosifon-enera-pro-kit-heat-pipe-300l.html> Consulta Web. 12 jul.2018

GANAE ENERGÍA BLOG <https://ganaenergia.com/blog/131-cuales-son-los-electrodomesticos-que-mas-consumen> Consulta Web 15 jul.2018

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1: Fachada del molino año 1898	13
Fuente: http://pernthaler.at/geschichtlicher-exkurs-mariemuehle/	
Ilustración 2: Fachada Marienmühle año 1926	13
Fuente: www.european-cultural-news.com	
Ilustración 3: Interior del Marienmühle año 2005	13
Fuente: http://www.gat.st/news/projekt-mariemuehle	
Ilustración 4: Demolición del Marienmühle año 2005	13
Fuente: http://www.gat.st/news/projekt-mariemuehle	
Ilustración 5: Emplazamiento de El Rondo	17
Fuente: https://geodaten.graz.at/Stadtkarte/	
Ilustración 6: Vista aérea Marienmühle año 1926	17
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 7: Vista aérea Rondo año 2018	17
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 8: Plano de emplazamiento cercano El Rondo	18
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 9: Vista exterior diurna El Rondo	21
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 10: Vista exterior nocturna El Rondo	21
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 11: Sección niveles de excavación y anclaje de muros pantalla	23
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 12: Secciones de anclaje de muros pantalla	23
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 13: Plano de planta con niveles de excavación	25
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 14: Vista de la ejecución de la cimentación	25
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 15: Vista interior estudio de arquitectura Pernthaler: cerchas	26
Fuente: http://pernthaler.at/beispiel-seite/	
Ilustración 16: Plano de sección vertical de la estructura de la parte curva	27
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	

Ilustración 17: Plano de sección vertical	27
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 18: Esquema en planta de las circulaciones	29
Fuente: Esquema propio	
Ilustración 19: Sección del edificio	31
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 20: Plano de planta semisótano	31
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 21: Entrada central	34
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 22: Imagen exterior cafetería-restaurante	33
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 23: Vistas interiores-espacio libre-hall de acceso	33
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 24: Plano de planta baja	33
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 25: Plano de planta primera, segunda y tercera	35
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 26: Plano de cuarta planta	35
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 27: Plano de quinta planta	35
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 28: Plano de sexta planta	35
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 29: Imagen exterior de fachada principal	37
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 30: Imagen de detalle de salientes en fachada (exterior e interior) 37	
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 31: Vistas interiores-Espacio intermedio semiprivado	37
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 32: Imagen de la fachada principal destruida-detalles de piezas metálicas de sujeción	39
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 33: Detalle pieza metálica de sujeción	40
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 34: Detalle de perfil metálico con piezas de agarre	39
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 35: Detalle constructivo fachada	39
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	

Ilustración 36: Vista interior-estructura metálica de la fachada.....	39
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 37: Sección de la fachada	39
Fuente: Plano proporcionado por el arquitecto Markus Pernthaler	
Ilustración 38: Vista de fachada exterior secundaria-Ala A.....	42
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 39: Vista exterior fachada secundaria-Ala B.....	41
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 40: Vista de fachada interior-Planta baja.....	42
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 41: Vista Fachada interior y arroyo	41
Fuente: http://pernthaler.at/portfolio-item/rondo/	
Ilustración 42: Esquema gráfico del circuito de aguas de la instalación	45
Fuente: Esquema propio (supervisado por el ingeniero P.Connert)	
Ilustración 43: Imagen exterior de la central hidroeléctrica de El Rondo	47
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 44: Imagen de la turbina usada en la central hidroeléctrica	47
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 45: Ejemplos de secciones de intercambiador vertical	51
Fuente: http://geotermiaavanzada.blogspot.com	
Ilustración 46:Plano de planta semisótano con localización del sistema de geotermia.....	51
Fuente: Archivo proporcionado por el ingeniero Peter Connert	
Ilustración 47: Detalle de paneles empleados en El Rondo y funcionamiento ..	54
Fuente: http://solarmat.es	
Ilustración 48: Composición tubos al vacío empleados en el Rondo	54
Fuente: http://www.sitiosolar.com	
Ilustración 49: Vista aérea cubierta de El Rondo	54
Fuente: Google maps	
Ilustración 50: Plataforma de acceso al garaje mecanizado.....	56
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 51: Vista interior del garaje mecanizado	56
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 52: Acceso peatonal al Rondo.....	58
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 53: Máquina de ticket del garaje mecanizado	57
Fuente: Fotografía de la autora (2018)	
Ilustración 54: Lámpara de mesa diseño Pernthaler	65
Fuente: https://www.architonic.com	
Ilustración 55: Sistema KNX.....	65
Fuente: https://www.busch-jaeger-catalogue.com	



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Titulació: Grado en Fundamentos de la Arquitectura
Universitat Politècnica de València

