



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Optimización energética y sostenibilidad en la
singularidad de una finca olivarera

Autor: Jose Vicente De Los Mozos Conde

Director: Antonio García y de Garmendia

Madrid

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de este Trabajo de Fin de Grado.

En primer lugar, a mis queridos padres, quienes han sido mi fuente inagotable de apoyo y aliento a lo largo de este viaje académico. Su dedicación y sacrificio son la razón por la que hoy puedo celebrar este logro. A mi pareja, que ha sido mi roca durante este proceso y apoyo incondicional. A mis amigos, quienes han llenado mi vida de risas y valiosas experiencias.

También quiero agradecer a mi tutor Antonio por asignarme un trabajo y ayudarme siendo tan cercano.

Y no puedo dejar de mencionar al Diego y Fumi de Morata, quienes han compartido conmigo momentos inolvidables y han sido una parte especial de mi vida durante este tiempo.

OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA Y SOSTENIBILIDAD EN LA SINGULARIDAD DE UNA FINCA OLIVARERA

Autor: De Los Mozos Conde, Jose Vicente.

Director: García y de Garmendia, Antonio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este TFG analiza una finca con 300 olivos en la Toscana, Italia, abordando la climatización y necesidades hidráulicas y energéticas de instalaciones agropecuarias. El objetivo es mejorar la eficiencia energética mediante fuentes renovables en su instalación olivarera y almazara. Se busca promover prácticas sostenibles y reducir el impacto ambiental.

Palabras clave: Finca, energía renovable, sostenibilidad.

1. Introducción

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) aborda un estudio exhaustivo centrado en una finca ubicada en la idílica región de la Toscana, Italia, que cuenta con 300 olivos. El objetivo principal de este estudio es analizar y optimizar la climatización integral del inmueble, así como abordar las necesidades hidráulicas y energéticas de algunas instalaciones industriales de orientación agropecuaria presentes en la finca.

La agricultura y la industria agropecuaria son sectores fundamentales en el desarrollo económico y sostenible de las regiones rurales, y la búsqueda de soluciones para mejorar su eficiencia energética y minimizar su impacto ambiental es de vital importancia. Por ello, este TFG se enfoca en proponer estrategias innovadoras y sostenibles para optimizar el uso de energía en las instalaciones olivarera y almazara de la finca.

A través de un análisis detallado del consumo energético actual en las instalaciones y el estudio de diversas fuentes renovables, como la energía solar, eólica y biomasa, se buscará diseñar un plan integral que fomente la adopción de prácticas más respetuosas con el medio ambiente y contribuya a la sostenibilidad de las operaciones agropecuarias.

Este estudio aspira a aportar valor al campo de la eficiencia energética en el sector agropecuario, sentando las bases para una gestión más responsable y sostenible de los recursos en la finca olivarera y almazara. La combinación de tecnologías innovadoras y buenas prácticas agrícolas se erige como una oportunidad para impulsar el desarrollo económico y ambientalmente sostenible en la región de la Toscana, en armonía con la naturaleza y la producción agrícola tradicional.

2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en realizar un estudio integral en una finca situada en la región de la Toscana, Italia, que posee 300 olivos. El objetivo principal es analizar y mejorar la eficiencia energética y sostenibilidad en la finca, abordando la climatización de todo el inmueble y las necesidades hidráulicas y energéticas de algunas instalaciones industriales de orientación agropecuaria, específicamente, la instalación olivarera y la almazara.

La finca está compuesta por tres edificios que constituyen el cortijo. El edificio principal es una antigua masía de piedra de 360m² en 2 plantas. En la planta baja hay una cocina, un comedor, un gran salón con chimenea y un baño. La primera planta consta de 4 dormitorios y 3 baños. Cabe destacar que las habitaciones son muy luminosas ya que cuentan con grandes ventanales, una característica poco habitual en este tipo de edificios. En las inmediaciones de la casa principal hay dos dependencias, con un total de 240m², que se utilizan como apartamentos de invitados. Incluyen 4 dormitorios, una cocina, un balcón, un desván y 2 baños. Las dependencias están en buen estado, ya se pueden utilizar. Hay un cuarto edificio de 100 m² que ahora se utiliza como almacén. El terreno es de 4ha, con un olivar de unos 300 árboles.

Se diseñará toda la climatización en el edificio, en el que se han tenido en cuenta las cargas por transmisión, cargas por ventilación, cargas por ocupación, cargas por maquinaria y cargas interiores, teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables en todo momento. Además, se diseñará la red hidráulica del inmueble. En primer lugar, se instalará una bomba y alcantarillado para hacer posible la instalación de la almazara. Posteriormente, se realizará el diseño en todo el cortijo donde se tratará el diseño de agua fría, agua caliente sanitaria y de aguas residuales. Para el diseño de las bombas se utilizará la ecuación de Darcy-Weisbach, además de las respectivas normativas.

En segundo lugar, se diseñará la red eléctrica de todo el inmueble, tomando todas las medidas de seguridad necesarias. Posteriormente, se instalará unas placas solares fotovoltaicas estudiando también su viabilidad económica.

Todos los procesos llevados a cabo han sido estudiados minuciosamente para que cumplan todas las normativas italianas y europeas, en las que se han estudiado el CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) y el IEC (International Electrotechnical Commission).

El resultado final del proyecto se traducirá en recomendaciones concretas y viables, orientadas a impulsar la gestión energética eficiente y sostenible de la finca olivarera y almazara, con el propósito de fomentar una producción agrícola más responsable y en armonía con el entorno natural.

3. Descripción de la herramienta

En cuanto a las herramientas utilizadas, se utilizará Excel para realizar todas las cuentas correspondientes. Autocad para realizar todos los planos pertenecientes al inmueble, tanto para un mejor entendimiento de la casa como para el diseño hidráulico.

En cuanto a las herramientas que se han aprendido a utilizar, son Daikin para realizar un diagrama psicométrico y Epanet 2.0 con la finalidad de asegurarnos que la bomba instalada mantenga la presión mínima en todo momento

4. Resultados

El resultado final se transmite mediante recomendaciones de instalaciones:

En cuanto a la almazara, se instalará en una estancia con 50m², en la que se suministrará aire acondicionado, agua y aire comprimido para su instalación. En total la máquina agropecuaria consume 4,3 kW y solo se utilizaría un mes al año ya que tiene una gran producción por hora, por lo que se recomienda tener una máquina agropecuaria y poder vender aceite de oliva propio.

En la instalación de la climatización, se ha separado en diferentes zonas y en la zona de la planta baja se ha instalado un UTA de modelo Trox Technik con un caudal de 35.000 l/h y en los demás se ha instalado fancoils para poder regular el aire acondicionado en todas las habitaciones. Además, se instalará diferentes equipos de tratamiento de agua para poder

hacer frente a la refrigeración y calefacción. Los equipos instalados son de modelo VLH-704 de 3600l/h .

Respecto a la instalación hidráulica, en la sala de la almazara se instala dos bombas diferentes, una bomba de agua presión y otra de aire a presión. Los modelos de estas dos son GS BARI 5.5T el cual tiene una potencia de 3600l/h y una bomba de aire comprimido con doble membrana con una caudal de 700 l/min.

En el inmueble, se trata el diseño de la red de suministro de agua fría la presión máxima en el edificio será de 201,4 kPa y la mínima será de 156,67 kPa. Para que la tubería cumpla con las presiones marcadas se instala una bomba de GS-305T con un caudal de 2,37 l/s. El dimensionamiento de las tuberías será de 100mm² ya que el agua caliente tiene un caudal de 1,8 l/s. La red de saneamiento tiene una capacidad de caudal de 21l/s ya que se juntan las aguas pluviales y residuales. Por último, se diseñará que los colectores tengan una pendiente de 2% con una sección de 150 mm² en el alcantarillado y una sección de 200 mm² de la bajante.

Refiriéndonos a la red eléctrica, se ha diseñado la línea general de alimentación y sistemas de seguridad como las protecciones y puestas a tierra de este. Los cables utilizados son de cobre con una sección de 150 mm², con una separación de más de medio metro con el alcantarillado. El tiempo de reacción de los interruptores generales de alimentación es entre 0,005 y 0,01 segundos. En cuanto a la puesta a tierra la sección será de 75 mm² y el cable será de cobre.

Por último, se procede a la instalación de las placas solares fotovoltaicas, en las que se hace una previsión de cargas y una elección de modelo de todos los componentes. En cuanto a los paneles se instalan REC SCM 225 con una eficiencia de 15,4% y un total de 90 paneles, en cuanto al inversor se instalará solamente uno y de modelo Inversor Fronius Eco 27.0-3-S Light, los cables empleados serán los mismos de la instalación eléctrica, de cobre y de sección de 150 mm².

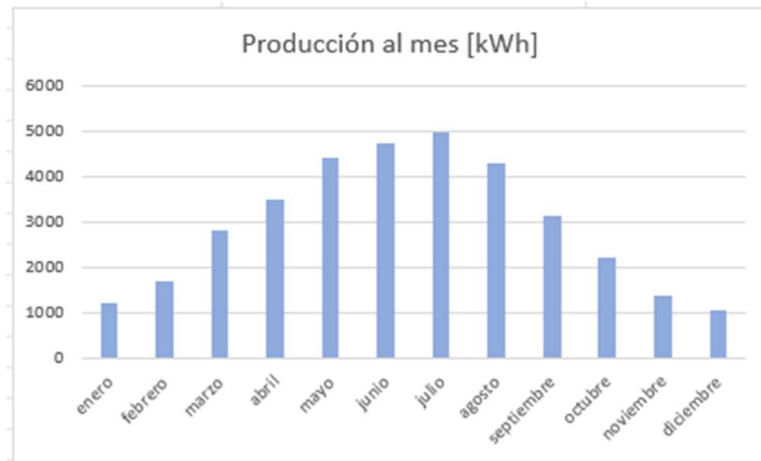


Ilustración 1: Producción al mes. Elaboración propia.

En cuanto a la viabilidad económica, es muy viable ya que este último año ha subido la electricidad un 30% en Italia, por lo que el año de retorno de la inversión sería el segundo año, suponiendo un consumo máximo en todo momento.

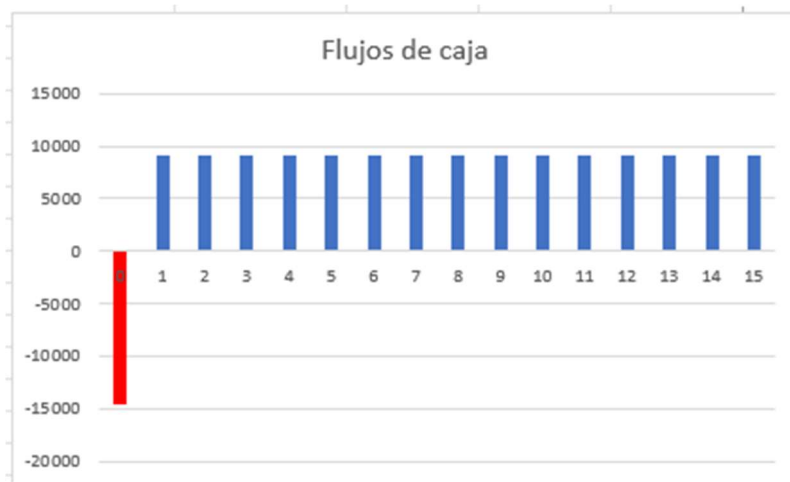


Ilustración 2: Flujo de cajas. Elaboración propia.

5. Conclusiones

En conclusión, para una mejor estancia en la finca olivera se instalaría un UTA en las zonas comunes del edificio principal y fancoils en las demás zonas. Además, para el funcionamiento eléctrico e hidráulico sería recomendable que tanto el alcantarillado como el cableado sea de una sección de 150 mm². Además de un cableado de cobre. En cuanto a la bajante se recomienda 200mm² de cañería.

Además, se recomienda fehacientemente la inversión en placas solares fotovoltaicas, ya que el año de retorno es muy temprano y el ahorro es masivo a largo plazo.

ENERGY OPTIMISATION AND SUSTAINABILITY IN THE UNIQUENESS OF AN OLIVE ESTATE

Autor: De Los Mozos Conde, Jose Vicente.

Director: García y de Garmendia, Antonio.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas)

ABSTRACT

This Bachelor's thesis analyzes a property with 300 olive trees in Tuscany, Italy, addressing the climate control and hydraulic and energy needs of agricultural facilities. The goal is to improve energy efficiency through renewable sources in the olive grove and oil mill installation, promoting sustainable practices and reducing environmental impact.

Keywords: Property, renewable energy, sustainability.

1. Introduction

This Bachelor's thesis focuses on a comprehensive study centered on a property located in the idyllic region of Tuscany, Italy, featuring 300 olive trees. The primary objective of this study is to analyze and optimize the comprehensive climate control of the property while addressing the hydraulic and energy needs of certain agro-industrial facilities on the property.

Agriculture and agro-industry are fundamental sectors for the economic and sustainable development of rural regions, and finding solutions to improve their energy efficiency and minimize their environmental impact is of vital importance. Therefore, this thesis aims to propose innovative and sustainable strategies to optimize energy usage in the olive grove and oil mill facilities on the property.

Through a detailed analysis of current energy consumption in the facilities and the study of various renewable sources, such as solar, wind, and biomass energy, a comprehensive plan will be designed to promote the adoption of environmentally friendly practices and contribute to the sustainability of agricultural operations.

This study aspires to bring value to the field of energy efficiency in the agricultural sector, laying the groundwork for more responsible and sustainable resource management on the olive grove and oil mill property. The combination of innovative technologies and good agricultural practices presents an opportunity to drive economically and environmentally sustainable development in the Tuscany region, in harmony with nature and traditional agricultural production.

2. Project Definition

The project involves conducting a comprehensive study on a property located in the Tuscany region of Italy, featuring 300 olive trees. The primary objective is to analyze

and enhance energy efficiency and sustainability on the property, addressing the climate control of the entire property and the hydraulic and energy needs of certain agro-industrial facilities, specifically the olive grove and the oil mill.

The property consists of three buildings that make up the farmhouse. The main building is an old stone farmhouse with 360m² on two floors. The ground floor has a kitchen, a dining room, a large living room with a fireplace, and a bathroom. The first floor has 4 bedrooms and 3 bathrooms. It's worth noting that the rooms are very bright due to large windows, an uncommon feature in such buildings. In the vicinity of the main house, there are two outbuildings totaling 240m², which are used as guest apartments. They include 4 bedrooms, a kitchen, a balcony, an attic, and 2 bathrooms. The outbuildings are in good condition and can be used. There is a fourth building of 100 m² currently used as a warehouse. The property covers 4 hectares and includes an olive grove with around 300 trees.

The climate control system for the building has been designed, taking into account transmission loads, ventilation loads, occupancy loads, machinery loads, and internal loads, considering the most unfavorable conditions at all times. Additionally, the hydraulic network of the property will be designed. First, a pump and sewerage system will be installed to enable the installation of the oil mill. Subsequently, the design will cover the entire farmhouse, addressing cold water, domestic hot water, and wastewater design. For pump design, the Darcy-Weisbach equation will be used, along with the respective regulations.

Secondly, the electrical network for the entire property will be designed, with all necessary safety measures taken into account. Solar photovoltaic panels will also be installed, studying their economic feasibility.

All processes carried out have been meticulously studied to comply with all Italian and European regulations, including the CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) and the IEC (International Electrotechnical Commission).

The final result of the project will translate into specific and viable recommendations aimed at promoting efficient and sustainable energy management on the olive grove and oil mill property, with the aim of fostering more responsible agricultural production in harmony with the natural environment.

3. Description of Tools

Regarding the tools used, Excel will be used for all relevant calculations. AutoCAD will be used for creating all the property's plans, both for a better understanding of the house and for hydraulic design.

As for the tools that have been learned to use, Daikin will be used to create a psychrometric diagram, and Epanet 2.0 will ensure that the installed pump always maintains minimum pressure.

4. Results

The final result is conveyed through installation recommendations:

For the oil mill, it will be installed in a 50m² space, supplying air conditioning, water, and compressed air for its installation. The agricultural machine consumes 4.3 kW in total and is only used for one month a year due to its high hourly production, so it is recommended to have this machine for olive oil production.

For the climate control system, it has been divided into different zones, and a Trox Technik UTA with a flow rate of 35,000 l/h has been installed in the ground floor zone. In other zones, fan coils have been installed to regulate air conditioning in all rooms. Additionally, various water treatment equipment will be installed to handle cooling and heating. The installed equipment includes VLH-704 models with a flow rate of 3600 l/h and a double-diaphragm compressed air pump with a flow rate of 700 l/min.

Regarding the hydraulic installation, in the oil mill room, two different pumps will be installed, one for water pressure and the other for air pressure. The models for these two pumps are GS BARI 5.5T, with a power of 3600 l/h, and a double diaphragm compressed air pump with a flow rate of 700 l/min.

In the property, the design of the cold-water supply network has been addressed. The maximum pressure in the building will be 201.4 kPa, and the minimum will be 156.67 kPa. To meet these pressure requirements, a GS-305T pump with a flow rate of 2.37 l/s will be installed. The pipe sizing will be 100mm², as hot water has a flow rate of 1.8 l/s. The wastewater network has a flow capacity of 21 l/s, combining rainwater and wastewater. Lastly, the collectors will be designed with a 2% slope and a cross-section of 150 mm² for sewerage and a cross-section of 200 mm² for downpipes.

Regarding the electrical network, the general power supply line has been designed, including safety measures such as protections and grounding. Copper cables with a cross-section of 150 mm² will be used, with a separation of over half a meter from the sewerage. The reaction time of the main power switches is between 0.005 and 0.01 seconds. As for grounding, the section will be 75 mm², and the cable will be copper.

Finally, solar photovoltaic panels will be installed, with load forecasts and component model selection. REC SCM 225 panels with an efficiency of 15.4% and a total of 90 panels will be installed. A single inverter, a Fronius Eco 27.0-3-S Light model, will be used, and the cables employed will be the same as the electrical installation, copper with a cross-section of 150 mm².

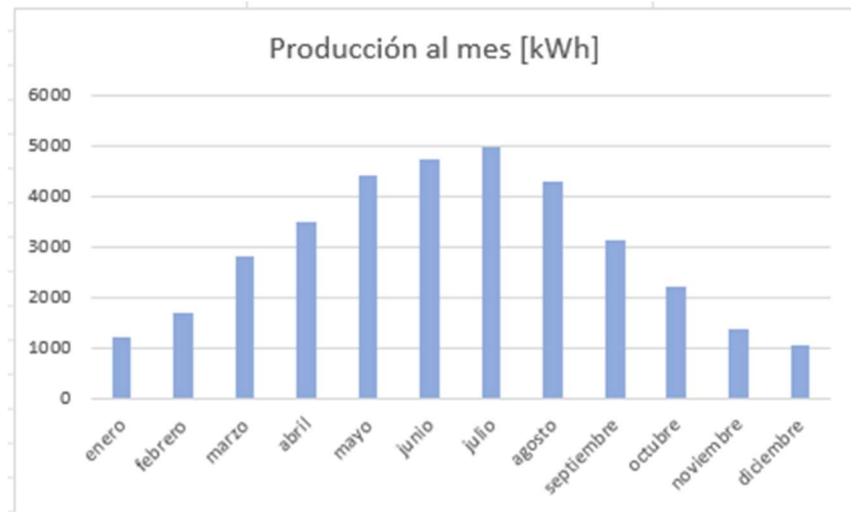


Ilustración 3: Monthly Production. Own elaboration.

Regarding economic viability, it is highly feasible because electricity prices have increased by 30% in Italy over the past year. This means that the return on investment would occur in the second year, assuming maximum consumption at all times.

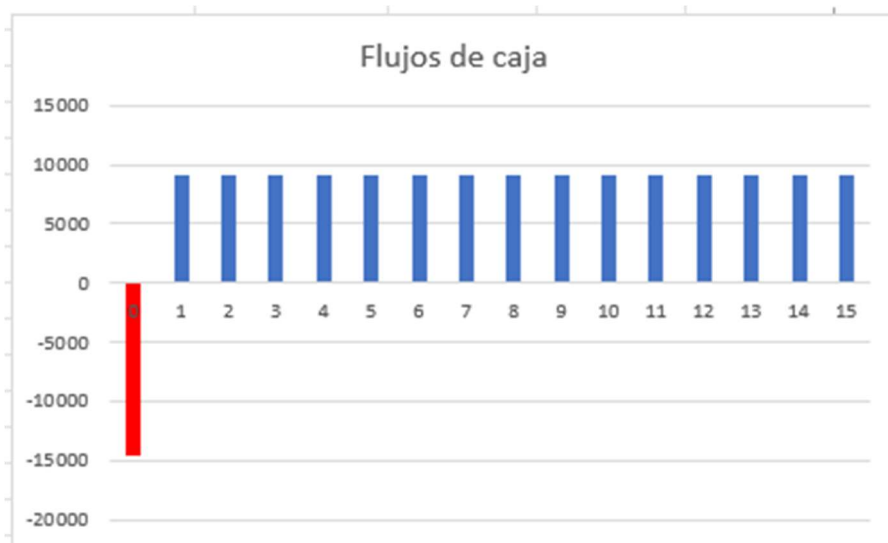


Ilustración 4: Cash Flow. Own elaboration.

5. Conclusion

In conclusion, for a better experience at the olive farm, it would be advisable to install an Air Handling Unit (UTA) in the common areas of the main building and fan coils in the other areas. Additionally, for electrical and hydraulic functionality, it is recommended that both the sewage and wiring have a section of 150 mm² and be made of copper. As for the downspout, a 200 mm² pipe is strongly recommended.

Furthermore, investing in photovoltaic solar panels is highly recommended, as the payback period is very short, and the long-term savings are substantial.

Índice de la memoria

1	<i>Capítulo I: planificación del proyecto</i>	11
1.1	Motivación del proyecto.....	12
1.2	Objetivos del proyecto.....	12
1.3	Alineación con los ods	12
1.4	Recursos	14
1.5	Conclusión de la planificación	14
2.	<i>Capítulo II: Elección y contexto del cortijo</i>	15
2.1	Elección de la finca	15
2.2	Contexto agropecuario de la toscana.....	17
2.3	Descripción detallada de la finca.....	18
2.4	Conclusión de la elección y contexto del cortijo.....	24
3.	<i>Capítulo III: Implantación de maquinaria agropecuaria</i>	25
3.1	Funcionamiento de la almazara.....	26
3.2	Ubicación de la almazara en el cortijo	27
3.3	Instalación de las diferentes partes de la almazara	28
3.3.1	Lavador de aceitunas y limpiador de hojas.....	28
3.3.2	Planta para elaboración de aceite en ciclo continuo.....	29
3.3.3	Recolector de aceite con filtro de placas.....	30
3.3.4	Equipo didáctico de embotellado de líquidos.....	30
3.4	Necesidades de la instalación agropecuaria	31
3.4.1	Diseño de la red hidráulica para la almazara	32
3.4.2	Diseño de la bomba de aire comprimido para la almazara.....	34
3.5	Conclusión de la instalación de la almazara.....	36
4.	<i>Capítulo IV: Diseño del sistema de climatización del cortijo</i>	37
4.1	Condiciones exteriores y condiciones de confort.....	37
4.2	Cálculo de cargas térmicas	44
4.2.1	Definición de los locales del cortijo.....	44
4.2.2	Cargas Térmicas por transmisión.....	45
4.2.3	Cargas térmicas por ventilación	50
4.2.4	Cargas térmicas internas	58

4.3	Dimensionamiento de los equipos de climatización	63
4.3.1	<i>Equipos de impulsión de aire</i>	<i>63</i>
4.3.2	<i>Equipos hidráulicos.....</i>	<i>70</i>
4.4	Conclusiones de la climatización de la finca.....	72
5.	<i>Capítulo V: Diseño de suministros y evacuación hidráulicas</i>	<i>73</i>
5.1	Planificación de las redes de suministro para el inmueble	73
5.2	Diseño de la red de agua caliente sanitaria.....	83
5.3	Diseño de la red de saneamiento	87
5.4	Conclusiones de diseño de la red hidráulica	93
6.	<i>Capítulo VI: Diseño de la red eléctrica</i>	<i>95</i>
6.1	Previsión de las cargas eléctricas	95
6.2	Línea general de alimentación.....	98
6.3	Seguridad.....	101
6.3.1	<i>Dispositivos de seguridad.....</i>	<i>102</i>
6.3.2	<i>Puesta a tierra</i>	<i>106</i>
6.4	Conclusión del diseño de la red eléctrica	109
7.	<i>Capítulo VII: Instalación de placas solares fotovoltaicas</i>	<i>110</i>
7.1	radiación solar	110
7.2	Componentes de la instalación solar fotovoltaica	112
7.3	Cálculos necesarios	115
7.3.1	<i>Pérdidas de generación por orientación o inclinación</i>	<i>116</i>
7.3.2	<i>Cálculos de la instalación solar fotovoltaica</i>	<i>119</i>
7.4	Diseño de la instalación solar.....	122
7.4.1	<i>Colocación y distancia de los módulos</i>	<i>122</i>
7.4.2	<i>Cableado</i>	<i>123</i>
7.4.3	<i>Inversor</i>	<i>124</i>
7.4.4	<i>Configuración eléctrica.....</i>	<i>125</i>
7.4.5	<i>Batería.....</i>	<i>126</i>
7.5	Ubicación de las placas solares fotovoltaicas.....	127
7.6	Conclusión de la instalación solar fotovoltaica.....	128
8.	<i>Bibliografía.....</i>	<i>130</i>

9. ANEXO I: Viabilidad económica de la instalación de placas solares fotovoltaicas.135

9.1	Análisis presupuestario.....	135
9.1.1	Módulos	135
9.1.2	Inversor	135
9.1.3	Batería	135
9.1.4	Cableado	136
9.1.5	Caja de protección	136
9.1.6	Inversión inicial para la instalación	136
9.2	Análisis de la viabilidad	137
9.3	Flujos de caja.....	138
9.4	Método van.....	138
9.5	Conclusión de la viabilidad económica.....	139

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Producción al mes. Elaboración propia.....	9
Ilustración 2: Flujo de cajas. Elaboración propia.	9
Ilustración 3: Monthly Production. Own elaboration.....	13
Ilustración 4: Cash Flow. Own elaboration.....	13
Ilustración 5: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según Naciones Unidas.....	13
Ilustración 6: Imagen de la planta de la finca a estudiar. Según Google maps.	16
Ilustración 7: Imagen de la ubicación de la finca. Según Google maps.....	17
Ilustración 8: Plano de la Planta baja. Elaboración propia.....	19
Ilustración 9: Comedor secundario con vistas a los olivos. Según Idealista.....	20
Ilustración 10: Plano de la Primera planta. Elaboración propia.....	20
Ilustración 11: Plano de la segunda planta del edificio principal. Elaboración propia.....	21
Ilustración 12: Plano de la planta baja de la primera inmediación. Elaboración propia.....	22
Ilustración 13: Plano de la primera planta de la primera inmediación. Elaboración propia.....	23
Ilustración 14: Plano de la segunda dependencia. Elaboración propia.....	23
Ilustración 15: Almazara seleccionada. Según edibon.....	25
Ilustración 16: Línea de producción de la almazara. Según edibon.com.....	27
Ilustración 17: Ubicación desván. Google maps.....	27
Ilustración 18: Lavador de aceitunas y limpiador de hojas. Fuente: Edibon.....	28
Ilustración 19: Planta para la Elaboración de aceite continuo. Fuente: Edibon.....	29
Ilustración 20: Recolector de aceite con filtro de placas. Fuente: Edibon.....	30
Ilustración 21: Equipo de embotellado de líquidos. Fuente: Edibon.....	31
Ilustración 22: Tabla para dimensionar caudales de aire comprimido. Según ingemecánica.com.....	35
Ilustración 23: Diagrama Psicométrico de las zonas de Confort. Elaboración propia.....	41
Ilustración 24: Temperaturas máximas y mínimas en Siena según WeatherSpark.....	42
Ilustración 25: Humedad Relativa en Siena. Fuente: datosmundial.....	43
Ilustración 26: Humedad Absoluta en Siena. Fuente: datosmundial.....	43
Ilustración 27: Dirección el viento en Siena. Fuente: WeatherSpark.....	49

Ilustración 28: Comparación temperaturas máximas diarias Cyl/Toscana. Fuente: datosmundial.com.....	53
Ilustración 29: Comparación temperaturas mínimas nocturnas Cyl/Toscana. Fuente: datosmundial.com.....	53
Ilustración 30: Comparación Humedad CyL/Toscana. Fuente: datosmundial.com.....	53
Ilustración 31: Diagrama psicométrico para la calefacción. Elaboración propia con Daikin	66
Ilustración 32: Diagrama psicométrico para la refrigeración. Elaboración propia con Daikin	66
Ilustración 33: Ubicación de la instalación de los equipos de tratamiento de agua. Elaboración propia.....	71
Ilustración 34: Instalación hidráulica en EPANET 2.0. Elaboración propia.....	81
Ilustración 35: Tipo de instalación del inmueble. Universidad Politécnica de Valencia. .	101
Ilustración 36: Tipo de curva de disparo. Según IEC 60898.....	105
Ilustración 37: Energía solar incidente en Siena. Según weatherspark.com	111
Ilustración 38: Horas de luz natural. Según weatherspark.com	112
Ilustración 39: Funcionamiento de una placa solar fotovoltaica. Fuente: Ecoinventos. ...	114
Ilustración 40: Inclinación óptima. Según IDAE.	117
Ilustración 41: Dibujo para el cálculo de los límites del ángulo de azimut. Según IDAE.	118
Ilustración 42: Dimensiones y forma del módulo. Según solarelectricsupply.com	120
Ilustración 43: Producción de placas solares al mes. Elaboración propia.	122
Ilustración 44: Ubicación de la instalación de las placas solares fotovoltaicas. Fuente: Google Earth.....	128
Ilustración 45: Flujos de caja. Elaboración propia.	138

Índice de tablas

Tabla 1: Características del lavador. Elaboración propia.	28
Tabla 2: Características de la planta de aceite continuo. Elaboración propia.	29
Tabla 3: Características del recolector. Elaboración propia.	30
Tabla 4: Características del embotellado. Elaboración propia.	31
Tabla 5: Necesidades de la almazara. Elaboración propia.	31
Tabla 6: Pérdidas de carga de la tubería aplicando la ecuación Darcy-Weisbach. Elaboración propia.....	34
Tabla 7: Características de la bomba seleccionada. Elaboración propia.	34
Tabla 8: Características de la bomba de aire comprimido seleccionada. Elaboración propia.	36
Tabla 9: Tabla de rangos de confort según El Decreto Legislativo 16 de abril 2013, n.74, art.3	39
Tabla 10: Valores de los parámetros $V_{b,0}$, a_0 , K_s	40
Tabla 11: Puntos de Confort. Elaboración propia.	40
Tabla 12: Definición detallada de las estancias. Elaboración propia.	44
Tabla 13: Estimaciones de los coeficientes de transmisión utilizados. Fuente: Jutglar, miranda y Villarrubia (2011).....	46
Tabla 14: Valores de suplemento por interrupción. Fuente: Jutglar, Miranda y Villarrubia (2011)	47
Tabla 15: Suplemento por orientación. Según CTE.....	48
Tabla 16: Suplemento por superficies frías. Fuente: Jutglar, Miranda y Villarrubia (2011)	48
Tabla 17: Cargas por transmisión. Elaboración propia.	50
Tabla 18: Similitud climas entre CyL y Toscana. Elaboración propia.....	54
Tabla 19: Valor límite de permeabilidad. Según la CTE	54
Tabla 20: Límites de renovación de aire por hora de un local. Elaboración propia.....	55
Tabla 21: Caudales de infiltración y ventilación. Elaboración propia.	56
Tabla 22: Cargas por ventilación de las dependencias. Elaboración propia.	57

Tabla 23: Cargas latentes y sensibles estimadas en distintos locales. Elaboración propia.	58
Tabla 24: Cargas por ocupación de las dependencias. Elaboración propia.....	60
Tabla 25: cargas de iluminación de las dependencias. Elaboración propia.....	62
Tabla 26: Cargas de los electrodomésticos. Elaboración propia.	63
Tabla 27: Caudales de impulsión de la planta baja y Potencia necesaria para UTA. Elaboración propia.....	67
Tabla 28: Comparación de necesidades y características de UTA proporcionada para la planta baja del edificio principal. Elaboración propia.	67
Tabla 29: fancoils elegidos para el cortijo. Elaboración propia.	69
Tabla 30: Condiciones y características de los equipos hidráulicos. Elaboración propia ...	70
Tabla 31: Caudales instantáneos en función de uso. CEI (2021)	74
Tabla 32: Resumen con caudales mínimos instantáneos para las diferentes estancias. Elaboración propia.....	74
Tabla 33: Caudal instantáneo mínimo del cortijo. Elaboración propia	75
Tabla 34: Caudales de cálculo de las diferentes estancias según los planos diseñados. Elaboración propia.....	78
Tabla 35: Volumen de depósito recomendado. Fuente: EN 806-2 2005.....	80
Tabla 36: Características bomba escogida. Elaboración propia.	80
Tabla 37: Resultados de la presión en cada tramo de la instalación. Elaboración propia. ...	82
Tabla 38: Ejemplo de un inmueble de litros usados por día por el primer método usado en Italia. Università Degli Studi Di Padova.	83
Tabla 39: Relación superficie coeficiente.	84
Tabla 40: Tabla de coeficientes para calcular el caudal de agua por día. Según NTI.....	85
Tabla 41: Tabla de coeficientes según el inmueble. Según EN 806 series	85
Tabla 42: Tabla de consumo de agua caliente por punto de consumo. Elaboración propia.	86
Tabla 43: Unidad de drenaje (DU) para sistemas. Según UNI EN 12056-2.	88
Tabla 44: Coeficiente de frecuencia tipo (K). Según UNI EN 12056-2.....	89
Tabla 45: Caudal total de aguas residuales. Elaboración propia.	89
Tabla 46: Cálculo de diámetro nominal. Elaboración propia.....	90

Tabla 47: Configuración del sistema con ventilación primaria. Según UNI EN 12056-2..	91
Tabla 48: Capacidad hidráulica (Qmax) y diámetro nominal (DN/OD). Según UNI EN 12056-2.....	92
Tabla 49: Pendientes de los colectores según: DN/OD, capacidad máxima (Qmax) del colector y velocidad (V) del agua residual. Según UNI EN 12056-2.	93
Tabla 50: Cargas de alumbrado en el portal. Según PLC Madrid (2019)	96
Tabla 51: Características de los focos de la piscina. Elaboración propia.....	96
Tabla 52: Potencia consumida por la almazara. Elaboración propia.....	96
Tabla 53: Previsión de cargas reales del cortijo. Elaboración propia.....	97
Tabla 54: Características de la LGA. Elaboración propia.	99
Tabla 55: Sección mínima de los conductores. Según CEI.....	99
Tabla 56: Intensidad máxima admisible en el conductor de cobre. Según CEI y REBT..	100
Tabla 57: Características del interruptor. Elaboración propia.....	104
Tabla 58: Sección convencional mínima del conductor a tierra. Según CEI 64-8.....	107
Tabla 59: Relación de la sección del conductor de protección y conductor de fase. Según CEI 64-8.	107
Tabla 60: Resultados de puesta a tierra. Elaboración propia.....	109
Tabla 61: Energía solar recibida cada mes. Según weatherspark.com.....	111
Tabla 62: Horas de luz natural. Según weatherspark.com	112
Tabla 63: Energía solar. Elaboración propia.	112
Tabla 64: Consumo mensual. Elaboración propia.....	116
Tabla 65: Condiciones límite de orientación, inclinación y sombra. Según la IDAE.....	116
Tabla 66: Características del módulo escogido. Según solarelectricsupply.com.....	119
Tabla 67: Energía captada por los paneles. Elaboración propia.....	121
Tabla 68: Tabla para el cálculo del coeficiente. Según IDAE.....	123
Tabla 69: Características del cableado. Elaboración propia.....	124
Tabla 70: Características del inversor. Elaboración propia.....	124
Tabla 71: Características de la batería. Elaboración propia.	127
Tabla 73: Presupuesto de la instalación. Elaboración propia.	136
Tabla 74: Ahorro mensual. Elaboración propia.....	137

Índice de ecuaciones

Ecuación 1: Potencia necesaria para la bomba.....	32
Ecuación 2: Darcy-Weisbach	33
Ecuación 3: Velocidad de un líquido en una tubería.	33
Ecuación 4: Ecuación de la velocidad del aire	39
Ecuación 5: Ecuación para calcular el coeficiente necesario para calcular los puntos de confort.....	39
Ecuación 6: Cargas por transmisión.	45
Ecuación 7:Ecuación para la carga por transmisión con suplementos.	48
Ecuación 8: Carga sensible por infiltraciones	51
Ecuación 9: Carga latente por infiltraciones.....	51
Ecuación 10: Caudal de infiltración.	52
Ecuación 11:Caudal de ventilación.	55
Ecuación 12:Carga total en invierno.	64
Ecuación 13: Carga total en verano.....	64
Ecuación 14: Caudal de impulso.	67
Ecuación 15: Caudal de impulso.	67
Ecuación 16: Coeficiente de simultaneidad para un solo edificio.....	75
Ecuación 17: Coeficiente de simultaneidad para múltiples viviendas.	75
Ecuación 18: Caudal máximo del edificio principal.	76
Ecuación 19: Caudal de cálculo.....	77
Ecuación 20:Presión total de la bomba	79
Ecuación 21:Cálculo de caudal.....	84
Ecuación 22: Cálculo de volumen de agua por día.	84
Ecuación 23: Volumen diario de agua.....	85
Ecuación 24: Energía necesitada para calentar el inmueble.....	86
Ecuación 25: Caudal de aguas residuales.	87
Ecuación 26: Intensidad de la línea general de alimentación.....	98
Ecuación 27: Caída de tensión de la línea general de alimentación.....	101

Ecuación 28: Corriente de cortocircuito	102
Ecuación 29: Impedancia de cortocircuito.	103
Ecuación 30: Corriente de uso del circuito, nominal y admisible del cable.....	103
Ecuación 31: Corriente que garantiza el funcionamiento.....	103
Ecuación 32: Corriente de cortociruito mínima.	105
Ecuación 33: Corriente de interruptor	105
Ecuación 34: Corriente de defecto.	108
Ecuación 35: Tensión de defecto.....	108
Ecuación 36: Número de paneles instalados	120
Ecuación 37: Distancia entre módulos.	122
Ecuación 38: Coeficiente adimensional	123
Ecuación 39: Potencia instalada	125
Ecuación 40: Corriente de cortocircuito.....	125
Ecuación 41: Tensión total de los módulos.....	125
Ecuación 42: Tensión pico	126
Ecuación 43: Capacidad de la batería.....	126
Ecuación 44: Método VAN	139

1 CAPÍTULO I: PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

En un contexto marcado por la creciente conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad y la eficiencia en el uso de los recursos naturales, el presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) se adentra en un ámbito de vital relevancia: la optimización energética y sostenibilidad en el entorno singular de una finca olivarera.

Las fincas olivareras, en su diversidad de características y operaciones, desempeñan un papel crucial en la industria agrícola y en la producción de uno de los tesoros culinarios más preciados: el aceite de oliva. No obstante, este rol no se limita al aspecto gastronómico, sino que también se extiende a consideraciones medioambientales y económicas, impulsando la necesidad de encontrar soluciones que promuevan la eficiencia energética y el respeto por el entorno natural.

El enfoque en la singularidad de una finca olivarera abarca desde su topografía y disposición geográfica hasta la gestión de los cultivos y la producción de aceite. Cada elemento interconectado de esta compleja red de operaciones presenta oportunidades para optimizar el consumo de energía y reducir la huella ambiental, sin comprometer la calidad y la productividad.

El objetivo primordial de este TFG es explorar y proponer soluciones concretas que permitan maximizar la eficiencia energética y promover prácticas agrícolas más sostenibles en el contexto de una finca olivarera. A través de la evaluación crítica de las tecnologías disponibles y la adaptación de estrategias de gestión, se busca establecer un marco que conduzca a un equilibrio entre las demandas operativas, las necesidades energéticas y la conservación del ecosistema.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La motivación de este proyecto se basa en la elaboración de la climatización de toda la finca olivera y de una optimización energética mediante fuentes renovables. La gestión eficiente de la energía es esencial para reducir costos operativos y aumentar la competitividad de la finca olivera. La optimización de los recursos energéticos no solo beneficia la economía de la finca, sino que también disminuye su impacto en los recursos energéticos limitados.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto tiene los siguientes objetivos:

- Calcular el acondicionamiento del edificio en términos de climatización, sistema hidráulico y sistema eléctrico.
- Mejorar y optimizar la energía mediante fuentes renovables adaptadas a la instalación olivera.

1.3 ALINEACIÓN CON LOS ODS

El desarrollo de este proyecto tiene como meta cumplir con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)¹ de la Organización de Naciones Unidas:

Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

Como se ha mencionado anteriormente, en este proyecto vamos a tratar la optimización energética de la finca mediante fuentes energéticas renovables. Los cuales aseguran una energía segura, sostenible, asequible y moderna. Es asequible debido a que este tipo de energías han experimentado una reducción significativa en los costos en las últimas

¹ Un.org (2023)

décadas. Es segura porque, a diferencia de los combustibles fósiles, no generan emisiones significativas de gases de efecto invernadero ni contaminantes locales. Sostenible, ya que dependen de recursos naturales.

Objetivo 12: Producción y consumos responsables.

Este proyecto se alinea al reducir el consumo energético, minimizar residuos y emisiones, y promover prácticas sostenibles en la agricultura. Al hacerlo, contribuye a un uso más eficiente de los recursos, mejora la sostenibilidad y establece un ejemplo inspirador.

Objetivo 13: Acción por el clima.

Al mejorar la eficiencia energética y adoptar fuentes renovables, contribuye la mitigación de los gases de efecto invernadero y promueve prácticas agrícolas más sostenibles y adaptadas al clima, alineándose así con la acción climática global y la protección del medio ambiente.



Ilustración 5: Objetivos de Desarrollo Sostenible. Según Naciones Unidas.

1.4 RECURSOS

Para comenzar el proyecto, primero fue esencial encontrar un edificio adecuado que cumpla con los requisitos. Esta búsqueda se llevó a cabo en línea, específicamente en el sitio web de Idealista, donde finalmente se localizó el edificio apropiado. Para tratar con los planos del edificio, fue necesario utilizar un ordenador con AutoCAD instalado. A fin de realizar los cálculos requeridos para la climatización del edificio y analizar su viabilidad económica, se empleó el software de ofimática Excel. Para poder encontrar todas las características de clima en la toscana y poder adquirir un diagrama psicométrico de la zona hemos utilizado el software *Daikin*. Las otras partes del proyecto no demandaron herramientas o medios específicos.

1.5 CONCLUSIÓN DE LA PLANIFICACIÓN

En este primer capítulo hemos situado el contexto y la motivación que nos ha llevado a realizar este proyecto, donde la gestión de la energía y su optimización mediante fuentes renovables van a ser una pieza clave a la hora de reducir costes y disminuir el impacto en el medio ambiente.

Para que este proyecto se pueda llevar a cabo de la mejor manera, hemos establecido unos objetivos fundamentales y su alineación con los objetivos de desarrollo sostenibles. En los siguientes capítulos haremos hincapié en el contexto de la casa y su elección.

2. CAPÍTULO II: ELECCIÓN Y CONTEXTO DEL CORTIJO

En este capítulo, se expondrá como se ha llevado a cabo la elección de la finca y se expondrá brevemente el contexto de agropecuario de la zona. Además, se explicará detalladamente como está organizada la finca.

2.1 ELECCIÓN DE LA FINCA

La búsqueda de la finca para el Trabajo de Fin de Grado (TFG) se ha realizado a través de Internet y de plataformas destinadas a la venta inmobiliaria, tanto españolas como italianas. La finca que se ha elegido finalmente se ha encontrado en *Idealista*² y está situado en la localidad de Torrita de Siena. Es una prestigiosa casa de campo ubicada a pocos kilómetros de Pienza y Montepulciano. La ubicación es exclusiva, tranquila y panorámica, con una vista panorámica de las colinas de Val D'Orcia.

En cuanto a la casa, consta de un edificio principal y dos inmediaciones. El edificio principal es una antigua masía de piedra de 360m² en 2 plantas. En la planta baja hay una cocina, un comedor, un gran salón con chimenea y un baño. La primera planta consta de 4 dormitorios y 3 baños. Cabe destacar que las habitaciones son muy luminosas ya que cuentan con grandes ventanales, una característica poco habitual en este tipo de edificios. En las inmediaciones de la casa principal hay dos dependencias, con un total de 240m², que se utilizan como apartamentos de invitados. Incluyen 4 dormitorios, una cocina, un balcón, un desván y 2 baños. Las dependencias están en buen estado, ya se pueden utilizar. Hay un cuarto edificio de 100 m² que ahora se utiliza como almacén. El terreno es de 4ha, con un olivar de unos 300 árboles.

² Idealista (2023)



Ilustración 6: Imagen de la planta de la finca a estudiar. Según Google maps.

Esta magnífica y prestigiosa propiedad se encuentra en un lugar de rara belleza, a pocos kilómetros de las ciudades turísticas de Montepulciano y Pienza, donde el arte, la cultura y el paisaje se unen en una combinación fantástica. Muy cómodo acceso a la autopista que le permite llegar a Florencia en aproximadamente 1 hora y 30 minutos ya Roma en 2 horas. Toda la zona circundante se caracteriza por hermosos paisajes, viñedos perfectamente conservados, vistas únicas sobre el campo y pueblos antiguos, incluidos Montefollonico y San Monticchiello.

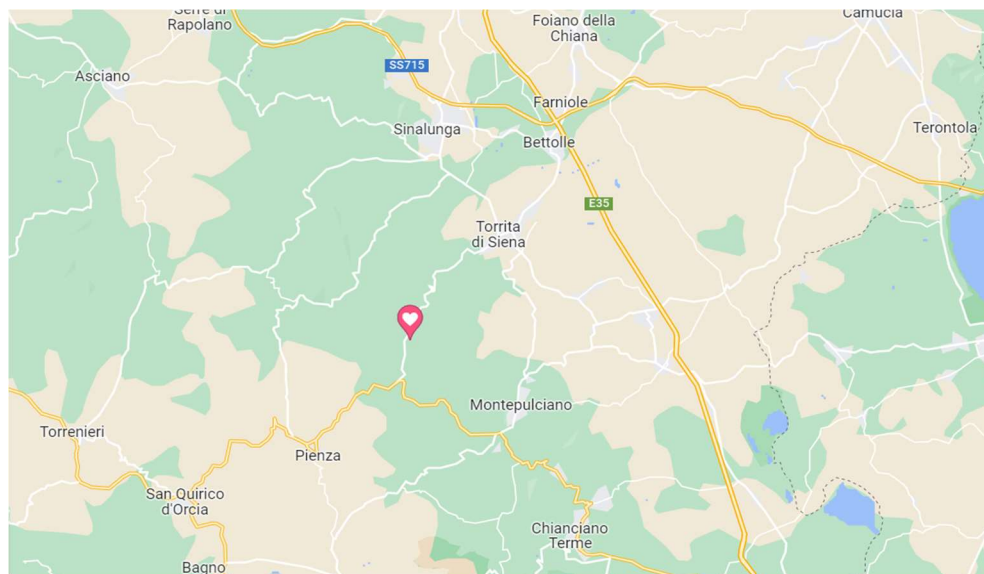


Ilustración 7: Imagen de la ubicación de la finca. Según Google maps.

2.2 CONTEXTO AGROPECUARIO DE LA TOSCANA

La península italiana es la segunda productora mundial de aceite de oliva. Producción aceitera tiene ciertas localizaciones geográficas en forma de franjas paralelas al ecuador terrestre ambas están marcadas por condiciones climáticas especiales que favorecen el cuidado y mantenimiento del olivo.

El contexto agropecuario de la región de la Toscana en Italia se caracteriza por su diversidad agrícola y su destacada producción vitivinícola. Los olivares son una parte icónica del paisaje toscano y contribuyen a su renombrada producción de aceite de oliva de alta calidad. Además, la región es famosa por sus vinos, como el Chianti y el Brunello di Montalcino, elaborados a partir de uvas cultivadas en sus viñedos.

El contexto agropecuario de la Toscana es notable por su destacada producción de Aceite de Oliva Virgen Extra (AOVE), lo que la convierte en una región clave en la industria del

aceite de oliva en Italia. La Toscana representa aproximadamente el 30%³ de la producción nacional de AOVE, lo que resalta su relevancia en el mercado italiano.

Además de su importante producción nacional, la Toscana también tiene un impacto significativo en las exportaciones de aceite de oliva. Se estima que las exportaciones de AOVE desde la Toscana generan alrededor de 35 millones de euros en ingresos anuales. Este flujo de exportación no solo refuerza la economía local, sino que también contribuye a posicionar los productos de aceite de oliva de la Toscana en mercados internacionales.

La combinación de una producción destacada a nivel nacional, representando un tercio de la producción de AOVE en Italia, y su contribución sustancial a las exportaciones muestra la importancia del aceite de oliva en la economía regional y en la promoción de la Toscana como una región de alta calidad en la producción de AOVE reconocida a nivel nacional e internacional.

2.3 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA FINCA

Como hemos podido ver en el primer índice, el cortijo está formado por un edificio principal y dos inmediaciones.

Edificio Principal

El edificio principal está formado por dos plantas:

³ Oliveoiltimes.com (2019)

- **Planta Baja:**

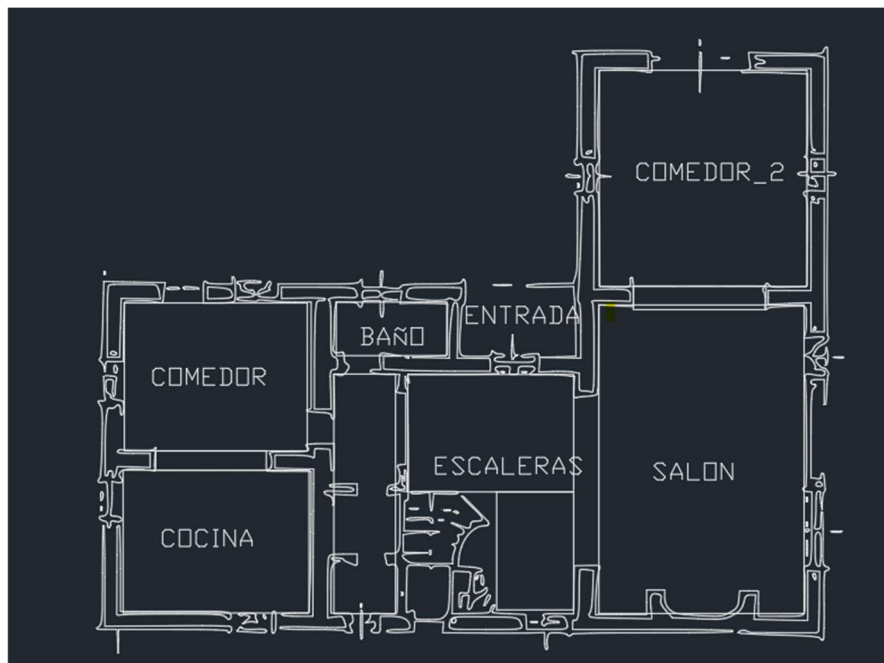


Ilustración 8: Plano de la Planta baja. Elaboración propia

Como podemos observar en el plano, según se entra al edificio principal encontramos un pequeño hall que contiene el acceso a las escaleras. A mano derecha encontramos el baño y posteriormente una cocina que está conectada a un comedor, normalmente de uso cotidiano. Si giramos a mano derecha encontramos un amplio salón, el cual también contiene un segundo comedor con unas vistas increíbles a los olivos.



Ilustración 9: Comedor secundario con vistas a los olivos. Según Idealista

- **Primera Planta:**

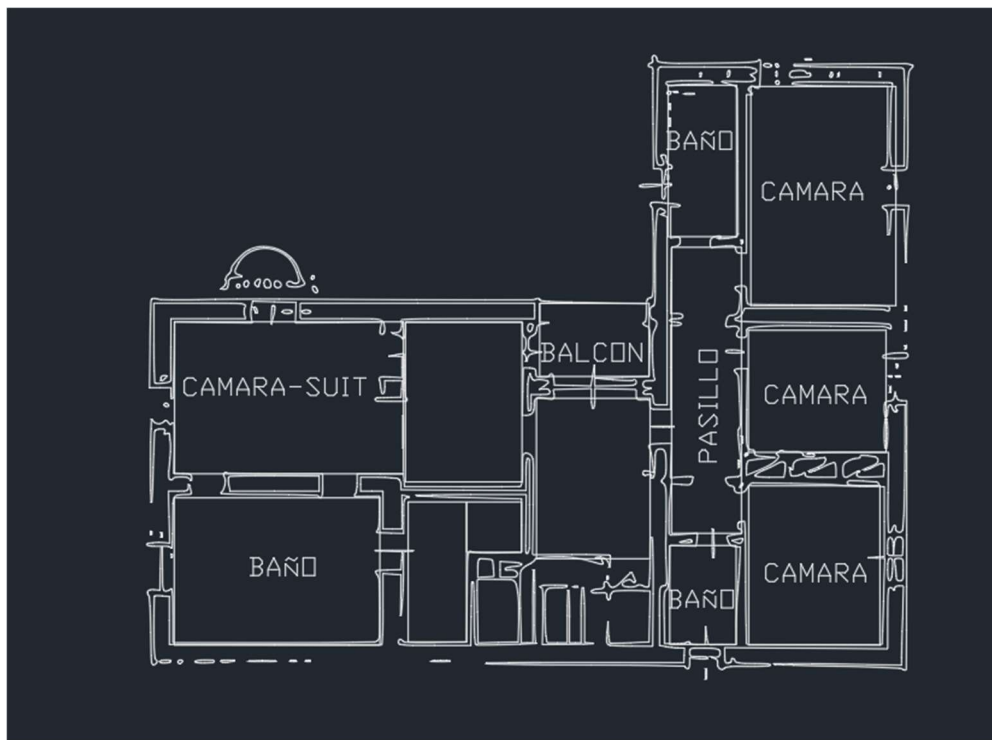


Ilustración 10: Plano de la Primera planta. Elaboración propia

Como se observa en el plano, según se sube por las escaleras, a mano derecha tenemos el pasillo en el cual se encuentran 3 habitaciones y dos baños los cuales están incorporados en dos de ellas. Si vamos a mano izquierda según subimos las escaleras nos encontramos con la suite, que tiene integrado un tercer baño, el cual es bastante lujoso. Entre la suite y el pasillo tenemos un balcón, el cual tenemos vistas al campo muy similares a las del comedor de la planta baja.

- **Segunda Planta**



Ilustración 11: Plano de la segunda planta del edificio principal. Elaboración propia

Esta segunda planta solo contiene una buhardilla de 10,4 m².

Primera dependencia

- Planta Baja

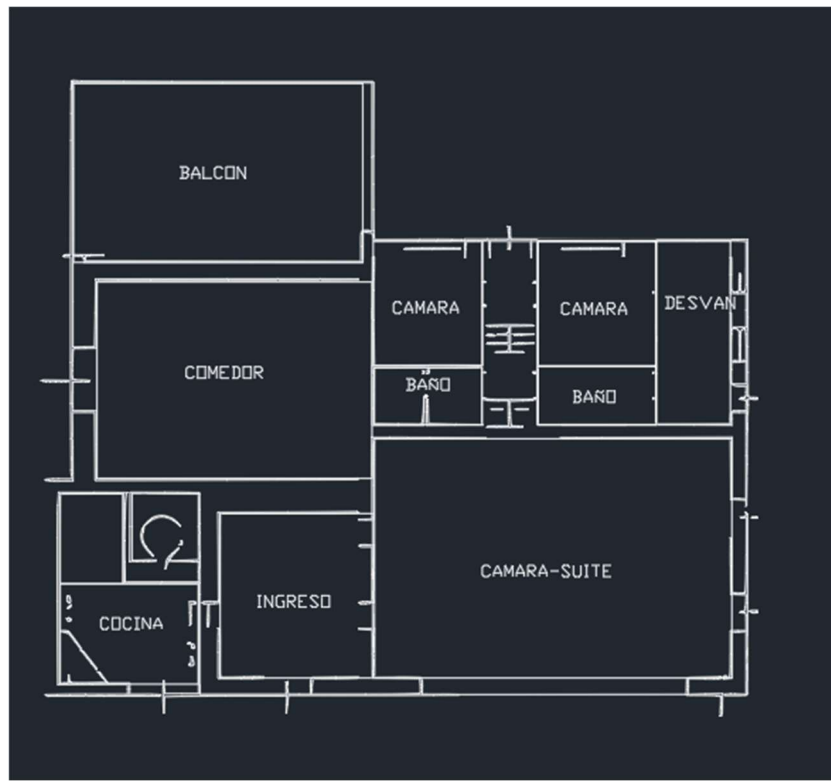


Ilustración 12: Plano de la planta baja de la primera inmediación. Elaboración propia

Esta primera inmediación tiene numerosas entradas. Se puede entrar por el Ingreso por la cámara-suite, cocina, comedor y tiene una última entrada por el desván. Esta última entrada está más baja que las demás. El desván no tiene conexión con la otra parte del edificio. En esta planta baja se encuentran tres habitaciones y dos baños. En el pasillo que conecta las dos habitaciones más pequeñas se encuentra la escalera escamoteable para acceder a la primera planta.

- **Primera Planta**

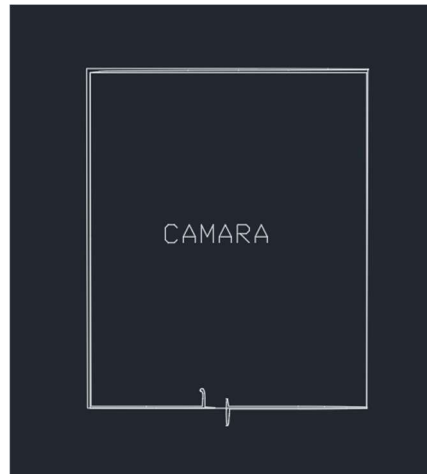


Ilustración 13: Plano de la primera planta de la primera inmediación. Elaboración propia

Como se aprecia en el plano, según se sube por la escalera escamoteable tenemos una última habitación.

Segunda dependencia

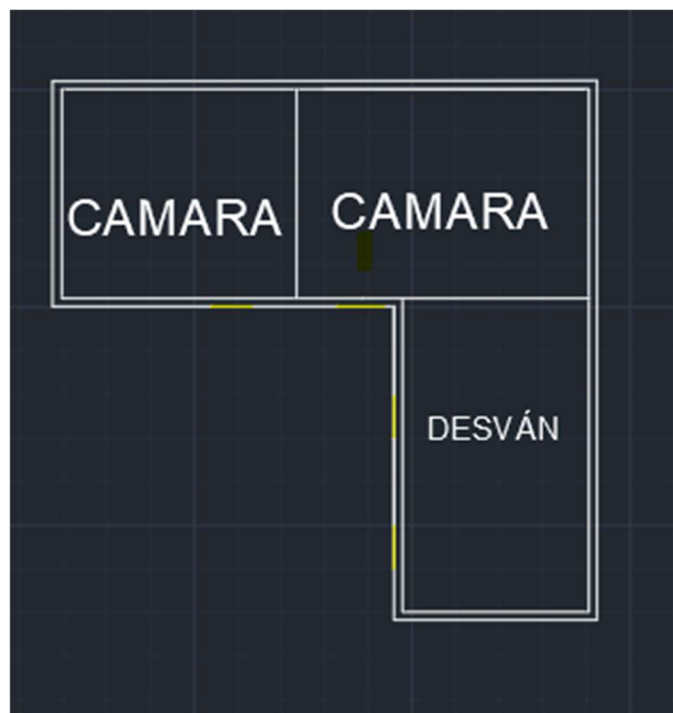


Ilustración 14: Plano de la segunda dependencia. Elaboración propia

Como podemos observar, estos 100m² están compuestos de dos habitaciones y un desván.

2.4 CONCLUSIÓN DE LA ELECCIÓN Y CONTEXTO DEL CORTIJO

En este capítulo se ha explicado a fondo el tipo de vivienda con la que se va a trabajar. Se han estudiado sus características, tanto las del inmueble como las agropecuarias. Es una vivienda que consta que con tres edificios y un gran espacio a la hora de albergar invitados o si se es una familia muy grande. Además, consta con 300 olivos, lo cual la hace aún más interesante y lujosa.

En cuanto al contexto de Siena, es perfecto para esta finca. Un pueblo tranquilo, que está repleto de fincas antiguas y gran parte del pueblo de dedica a las tierras. En los siguientes capítulos se hará la instalación de una almazara para sacar un mejor rendimiento a los olivos, y posteriormente se diseñará la climatización del inmueble.

3. CAPÍTULO III: IMPLANTACIÓN DE MAQUINARIA AGROPECUARIA

En este capítulo, vamos a proceder a la implantación de una planta piloto para producción de aceites, la cual podrá ser controlada desde un ordenador para una mayor comodidad a la hora de la fabricación. Esta planta está compuesta por 4 componentes, lavador de aceitunas y limpiador de hojas (OWLR/CTS), planta para la elaboración de aceite en ciclo continuo (PACC), recolector de aceite con filtro de placas (OCPF/CTS) y un equipo didáctico de embotellado de líquidos (EDLC).

Como descrito anteriormente, el cortijo dispone de 300 olivos, por lo que tiene una actividad agropecuaria interesante. La planta en sí no es muy grande, ya que tampoco tenemos a disposición una cantidad excesiva de olivos. Nuestra planta tiene una producción de 50kg/h. Esta planta piloto ha sido escogida del catálogo del catálogo de almazaras⁴.



Ilustración 15: Almazara seleccionada. Según edibon.

⁴ Edibon (2022)

3.1 FUNCIONAMIENTO DE LA ALMAZARA

Nuestra planta piloto es capaz de llevar a cabo los principales procesos en la elaboración del aceite de oliva virgen.

Esta planta integra una línea de producción análoga a las grandesalmazaras que producen aceite de oliva industrialmente. La línea de producción está constituida por las siguientes cuatro fases⁵:

- **Lavador de Aceitunas y Limpiador de hojas:** El primer paso en la producción del aceite es el lavar las aceitunas para eliminar sus impurezas. Las lavadoras de aceitunas deben lavar el fruto cuando está fresco, ya que, de no hacerse en ese momento, se podrían producir crecimientos de levadura y bacterias, y afectaría gravemente a la calidad del aceite producido.
- **Planta para elaboración de aceite en ciclo continuo:** Una planta de ciclo continuo trata la trituración para romper la pulpa y liberar las células de aceite. La pasta formada posteriormente se denomina “pomaza”.
- **Recolector de Aceite con filtro de placas:** La “pomaza” es conducida a la batidora en la que se romperá en emulsión esta pasta, gracias a la temperatura constante que contiene y su ligera agitación. Posteriormente se extrae el aceite ya producido en esta máquina.
- **Decantación:** Esta fase no es posible hacer con maquinaria ya que, es necesario que se decante el aceite para ver si está en buen estado.
- **Equipo didáctico de embotellado de líquidos:** Es una dosificadora de líquidos basada en la dosificación mediante un cilindro que se acciona de forma automática. Esta máquina produce en embotellado de las botellas de aceite de oliva.

A continuación, se puede observar un esquema de la línea de producción:

⁵ Directodeolivar.com (2020)



Ilustración 16: Línea de producción de la almazara. Según edibon.com

3.2 UBICACIÓN DE LA ALMAZARA EN EL CORTIJO

En primer lugar, para una correcta instalación, debemos tener claro cuál será la ubicación de la almazara. Las dimensiones de nuestra almazara son de 2300 x 1200 x 1100 mm. Con estas dimensiones hemos de elegir una habitación que en este momento no sea de utilidad y sea fácil de acceder. Es por lo que se ha elegido el desván que tiene acceso a la piscina, ya que cuenta con espacio suficiente como para instalar la maquinaria, espacio para almacenar las botellas producidas y muy fácil acceso.

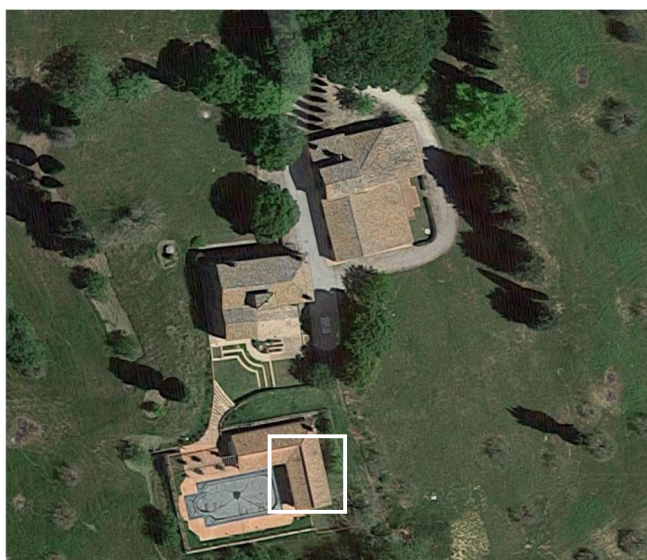


Ilustración 17: Ubicación desván. Google maps.

3.3 INSTALACIÓN DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA ALMAZARA

Para una correcta instalación, tenemos que saber los requisitos de cada maquinaria que compone la almazara, y posteriormente cumplir esos requisitos. La bomba que se utilizará para los artilugios agropecuarios será diferente a la del inmueble. Sin embargo, la red eléctrica será la misma.

3.3.1 LAVADOR DE ACEITUNAS Y LIMPIADOR DE HOJAS

El lavador de aceitunas y limpiador de hojas, como hemos visto anteriormente es una parte fundamental en la producción, ya que sin un buen lavador de aceitunas la calidad del producto se puede ver afectada gravemente.

Este lavador tiene una producción de 100-150 kg/h, lo cual es una producción muy alta y perfecta para nuestros 300 olivos. La potencia que necesita este artilugio es de 0,75 KW, por lo que debemos tener en cuenta esta potencia a la hora de diseñar la red de distribución y a la hora de diseñar la climatización, puesto que aportará cargas interiores. El consumo necesario de agua es de 50 l/h que son 0,0139 l/s.

Lavador	Producción [kg/h]	Potencia [KW]	Caudal necesario [l/s]
	100-150	0,75	0,0139

Tabla 1: Características del lavador. Elaboración propia.



Ilustración 18: Lavador de aceitunas y limpiador de hojas. Fuente: Edibon

3.3.2 PLANTA PARA ELABORACIÓN DE ACEITE EN CICLO CONTINUO

Esta máquina está para realizar la extracción de aceite de oliva, su ritmo de extracción es de 50 kg/h. La potencia que contiene esta máquina es de 3 KW. El aceite se extrae a una temperatura que oscila los 22-26 °C, en cuanto a su acidez es de 0, 4°.

La tolva con la que cuenta es de 200 kg, la cual es suficiente grande para que se puede hacer un procesamiento continuo. Su velocidad de triturado es de 6000 r.p.m. y su unidad de mezclado es de 6000 r.p.m. y puede disminuir hasta 5700 r.p.m.

El aceite y el agua se separan en un decantador constituida por dos fases. Contiene un sensor que mide el caudal de flujo, y dos sensores que miden la fuerza que se aplica, además, contiene un último sensor de temperatura para garantizar la temperatura ideal en todo momento. De los cinco motores con los que cuenta esta máquina, dos de ellos permiten regular la temperatura.

La máquina está compuesta por acero inoxidable, lo que garantiza durabilidad a la máquina. La máquina tiene una unidad auxiliar, esta unidad está fabricada con aluminio anodizado. Las dimensiones de esta máquina son de 1100x750x1100 mm y pesa 75 kg.

Planta de elaboración de aceite continuo	Velocidad de extracción [kg/hora]	Potencia [KW]	Temperatura del aceite [°C]	Capacidad Tolva [kg]	Unidad de molienda [r.p.m]	Velocidad del decantador [r.p.m]
	50	3	22-26	200	6000	6000-5700

Tabla 2: Características de la planta de aceite continuo. Elaboración propia.



Ilustración 19: Planta para la Elaboración de aceite continuo. Fuente: Edibon

3.3.3 RECOLECTOR DE ACEITE CON FILTRO DE PLACAS

El recolector de aceite que dispone esta almazara tiene una producción de 50 l/h y una capacidad de 50 litros de aceite. Está fabricado con acero inoxidable AISI 304 y contiene un dispositivo de bombeo para aceites más densos. Su potencia es de 0,55 KW.

Recolector	Producción [l/h]	Capacidad [l]	Potencia [KW]
	50	50	0,55

Tabla 3: Características del recolector. Elaboración propia.



Ilustración 20: Recolector de aceite con filtro de placas. Fuente: Edibon

3.3.4 EQUIPO DIDÁCTICO DE EMBOTELLADO DE LÍQUIDOS

El equipo didáctico de embotellado se encarga guardar el aceite en botellas. Esta dosifica el aceite en botellas. La dosificadora está compuesta por dos cilindros, con una presión de aire de 6-8 bar, una precisión de dosificado mayor al 98%, el rango de sus dosis en botellas puede variar entre 100-1000 ml y su consumo de aire es de 370 l/min. Su producción es de 29 dosis/min. Tiene una capacidad de depósito de 20 l, pesa 50 kg y sus dimensiones son de 1200x450x900 mm.

Embotellado	Rango de dosis [ml]	Consumo de aire [l/min]	Producción [dosis/min]	Capacidad depósito [l]
	100-1000	370	29 max.	20

Tabla 4: Características del embotellado. Elaboración propia.



Ilustración 21: Equipo de embotellado de líquidos. Fuente: Edibon

3.4 NECESIDADES DE LA INSTALACIÓN AGROPECUARIA

La máquina, como hemos podido comprobar, algunos procesos tienen consumos de agua, otros tienen consumo de aire comprimido. Todas ellas necesitan una línea de alimentación, pero esta se hará como parte de todo el inmueble. Vamos a mantener una bomba a parte de la del inmueble por si falla alguna de las dos que no se vean perjudicados, ni el inmueble ni la almazara.

En la siguiente tabla podemos ver los diferentes tipos de consumo dependiendo de la máquina que estemos tratando:

Tipo de consumo	Lavador	Planta de elaboración de aceite continuo	Recolector	Embotellado
Caudal de agua [l/h]	50	50	50	-
Caudal de aire comprimido [l/min]	-	-	-	370

Tabla 5: Necesidades de la almazara. Elaboración propia.

3.4.1 DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA PARA LA ALMAZARA

En cuanto a la red hidráulica, una red se compone hidráulica normalmente se compone por: La red de agua instantánea (la red de agua fría), la red de agua caliente sanitaria (la red de agua caliente) y la red de desagüe (compuesta por aguas residuales y pluviales). La máquina no necesita agua caliente, así que no será necesaria la instalación de la red de agua sanitaria. Además, la red de desagüe se diseña teniendo en cuenta las dimensiones de las tuberías de las bajantes y composición del edificio, edificio el cual es compartido con el inmueble, así que el diseño de aguas residuales y pluviales se calculará junto el inmueble.

Entonces, nos queda solo por calcular una pequeña red de agua instantánea para el desván. La tubería rodeará la habitación como si del perímetro se tratase, así que solo tendrá un tramo.

Como hemos visto anteriormente el lavador, planta de elaboración de aceite continuo y recolector necesitan un caudal de 50 l/h. El alcantarillado al estar diseñado en un solo tramo, sin ramificaciones, se suman los caudales, que son 0,0417 l/s, este será el caudal que tiene que aportar la bomba que escojamos.

Como dice la CEI⁶, la presión mínima que puede haber dentro de la tubería es de 100 KPa. Para calcular la potencia que debe tener la bomba utilizamos la siguiente ecuación⁷ :

$$Pt = Ha + Hg + Pc + Pmin$$

Ecuación 1: Potencia necesaria para la bomba

Donde:

- Pt es la presión de la bomba a utilizar
- Ha es la altura de aspiración, es decir, la altura a la que se recoge el agua.

⁶ CEI-64-2 (2007)

⁷ EN 806-2 (2005)

- Hg es la altura geométrica, es decir, la altura máxima del edificio. En este caso de los edificios.
- Pc son las pérdidas de carga.
- Pmin es la presión mínima.

En este caso, la altura de aspiración la consideraremos nula y la altura geométrica es muy pequeña, ya que es solo un piso, la consideraremos 3 metros. En cuanto a la Pmin es de 100Kpa, ya que está impuesto por la CEI⁸. Para calcular las pérdidas de carga, recurrimos a la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$\Delta P = 4 * f * (L / D) * (V^2 / 2g)$$

Ecuación 2: Darcy-Weisbach

Donde:

- ΔP es la pérdida de presión.
- f es el factor de fricción (depende del tipo de tubería y las condiciones de flujo).
- L es la longitud de la tubería.
- D es el diámetro de la tubería.
- V es la velocidad del fluido.
- g es la aceleración debida a la gravedad.

Para calcular la velocidad de la tubería usamos la siguiente fórmula:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Ecuación 3: Velocidad de un líquido en una tubería.

Donde:

- V es la velocidad del fluido en la tubería (m/s).
- Q es el caudal volumétrico del fluido (m³/s).

⁸ CEI 64-7 (2007)

- A es el área de la sección transversal de la tubería (m^2).

Dicho esto, las pérdidas de carga y sus parámetros quedarían tal que así:

Pérdida de carga	f	L[m]	D[m]	g[m ² /s]	V[m/s]	Q [l/h]
0,00014566	0,0278	28	0,0578	9,8	0,00728	150

Tabla 6: Pérdidas de carga de la tubería aplicando la ecuación Darcy-Weisbach. Elaboración propia.

Asique la presión total que debe tener la bomba es de 13.19 m.c.a. Ya que la pérdida de carga es de 0,0001487, 3 metros de altura y 100 Kpa mínimos que son 10,19 m.c.a.

No utilizamos coeficiente de simultaneidad ya que suponemos que todas las máquinas que componen la almazara se utilizarán a la vez.

Asique hemos seleccionado la siguiente bomba, utilizando un catálogo de bombas⁹:

Caudal [l/h]	Modelo	Tipo de Bomba	Potencia [KW]
3600	GS-BARI 5.5 T	BARI 5.5 T	0,88

Tabla 7: Características de la bomba seleccionada. Elaboración propia.

3.4.2 DISEÑO DE LA BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO PARA LA ALMAZARA

Para el embotellado, necesitamos un caudal de aire comprimido de 370 l/min. Para ello debemos saber el diámetro nominal de la tubería que queremos utilizar, la presión absoluta que tendrá la tubería, caudal de aire comprimido que debe llegar, pérdidas que hay en las tuberías y, por último, elegir la bomba del catálogo de bombas de aire comprimido¹⁰.

Para un correcto dimensionamiento, disponemos de la siguiente gráfica, la cual relaciona el caudal (l/min) con la presión absoluta con las pérdidas de carga y el diámetro nominal. La presión absoluta la elegiremos dependiendo de la bomba que escojamos. Las bombas suelen tener una presión absoluta de 8 bar.

⁹ bombashasa (2023)

¹⁰ bombashasa (2023)

La gráfica calcula la relación entre el diámetro y las pérdidas de carga mediante la ecuación de Darcy-Weisbach, ese es el método que estamos utilizando.

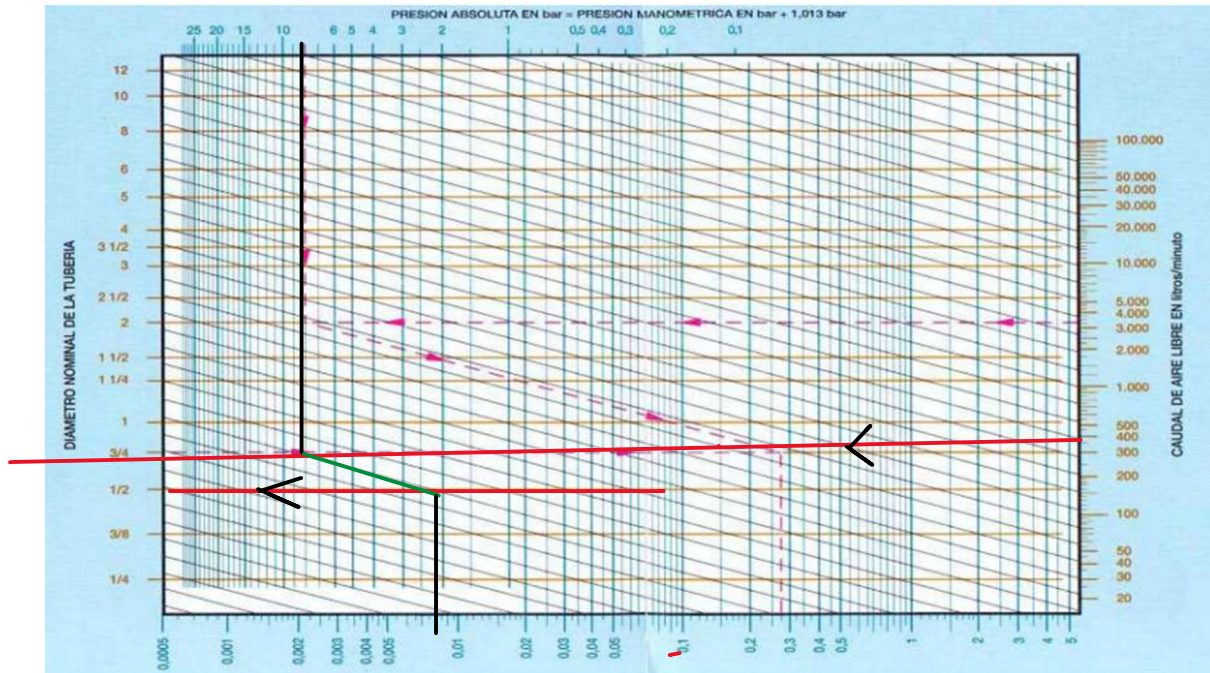


Ilustración 22: Tabla para dimensionar caudales de aire comprimido. Según ingemecánica.com

Para un correcto uso de la ilustración 22 se debe trazar la línea, en paralelo a las líneas trazadas, por el caudal (l/min), en nuestro caso es de 370. Más tarde, coincidirá con la presión absoluta, en el punto de conexión entre la línea del caudal y la línea de presión absoluta (8 bar) se comienza a trazar una línea en paralelo a las líneas azules hasta que se coincida con las pérdidas de cargas y obtenemos el diámetro.

En este caso hemos escogido un diámetro de 50 mm para el alcantarillado y obtenemos unas pérdidas de 0,007 bar.

Con las características ya escogidas, procedemos a buscar en el catálogo de bombas de aire comprimido:

Caudal [l/min]	Modelo	Presión [bar]
715	BOMBA DE AIRE COMPRIMIDO DE DOBLE MEMBRANA, ATEX, ACERO INOXIDABLE / EPDM- PP / PTFE, 2	8

Tabla 8: Características de la bomba de aire comprimido seleccionada. Elaboración propia.

3.5 CONCLUSIÓN DE LA INSTALACIÓN DE LA ALMAZARA

En conclusión, en este capítulo se ha instalado una almazara con el fin de producir aceite en la finca y conseguir beneficios con ella. Para la instalación, primero se ha explicado su funcionamiento y las diferentes máquinas que componen la almazara. Una vez se ha instalado la almazara se ha diseñado el sistema hidráulico en la sala en la que se va a instalar la máquina. Por último, se instaló una bomba de aire comprimido para el embotellado consiga funcionar ya que consume 370 l/min.

En los siguientes capítulos, se diseñará la climatización de todo el inmueble y el diseño hidráulico y de la red eléctrica de la finca.

4. CAPÍTULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL CORTIJO

Con la finca escogida, procedemos a realizar un estudio y diseño de la climatización de la finca. A la hora de realizar la climatización hay que tener en cuenta varios factores como las condiciones climáticas exteriores de la zona en la que está situada la finca, y posteriormente calcular las diferentes cargas que actuarán sobre ella, para así decidir los equipos idóneos de climatización.

4.1 CONDICIONES EXTERIORES Y CONDICIONES DE CONFORT

En cuanto a climatización se refiere, la normativa italiana ¹¹ establece los requisitos mínimos de rendimiento energético que deben cumplir los sistemas de climatización de edificios.

Entre las disposiciones más relevantes que establece el Decreto Legislativo 16 de abril de 2013 sobre la climatización se encuentra “El decreto establece la obligatoriedad de que los sistemas de climatización sean diseñados y dimensionados de forma adecuada, teniendo en cuenta las características del edificio y las necesidades de los usuarios”.

Si nos ceñimos a esta disposición, la climatización de la finca debe proporcionar las condiciones de confort para aquellos ocupantes de la finca. Por lo que, las condiciones exteriores se tendrán en cuenta para adaptar las condiciones interiores, de manera que se haga frente a las cargas térmicas que aparecen en verano y en invierno.

Previamente al diseño del sistema de climatización estableceremos las condiciones de confort. El Decreto Legislativo 16 de abril de 2013, n.74 unos rangos tanto de temperatura como de humedad relativa dentro de las habitaciones individuales climatizadas. También

¹¹ Decreto Legislativo 16 de abril (2013)

se exige no pasar de esos límites de temperatura, ya que se considera un derroche de energía.

Estas condiciones pueden variar según la zona climática en la que se encuentre el edificio y la actividad que se realiza en su interior. Para este proyecto en particular, escogeremos las condiciones de diseño según la región de Toscana, donde se encuentra Torrita di Siena.

La normativa regional¹² establece los siguientes rangos de temperatura y humedad relativa operativa para las condiciones interiores de diseño en edificios de uso residencial:

Condiciones de Confort en Verano:

Temperatura: En verano, se busca mantener una temperatura interior que no supere ciertos límites para garantizar el confort. En la Toscana, la temperatura interior típica recomendada durante el día puede estar en el rango de 24-26°C, y durante la noche, puede ser más fresca, alrededor de 20-22°C.

Humedad: Controlar la humedad relativa es crucial para el confort en verano. Se busca mantener niveles de humedad que eviten la sensación de humedad excesiva. Un rango típico podría estar alrededor del 40-60%.

Condiciones de Confort en Invierno:

Temperatura: En invierno, se busca mantener una temperatura interior que proporcione calor y evite el frío excesivo. En la Toscana, la temperatura interior recomendada durante el día podría estar en el rango de 20-22°C, y durante la noche, puede ser ligeramente más baja, alrededor de 18-20°C.

Humedad: También es importante mantener niveles adecuados de humedad en invierno para evitar que el aire esté demasiado seco, lo que puede causar incomodidad. Un rango típico podría estar alrededor del 40-60%.

¹² N.74 (2012)

Es por ello que elegiremos los siguientes parámetros:

Rangos de confort		
Estacion	Temperatura[°C]	Humedad Relativa (%)
Verano	26	50
Inverno	22	50

Tabla 9: Tabla de rangos de confort según El Decreto Legislativo 16 de abril 2013, n.74, art.3

A raíz de estos rangos que a porta el gobierno italiano podemos aportar todas las demás características como humedad absoluta, punto de rocío, etc.

Esto lo conseguiremos con *Daikin* un software que dibuja tu propio diagrama psicométrico a raíz de los parámetros de temperatura seca, humedad relativa y airflow.

La velocidad del aire podemos calcularla siguiendo las normas de "Norme Tecniche per le Costruzioni"¹³ en el que establece una fórmula para obtenerlo:

$$V_b = V_{b,0} \cdot C_a$$

Ecuación 4: Ecuación de la velocidad del aire

Donde:

- $V_{b,0}$ es la velocidad base de referencia al nivel del mar.
- C_a es el coeficiente de altitud proporcionado por el informe

Para calcular el coeficiente de altitud nos tenemos que ceñir a la fórmula proporcionada por NTC:

$$c_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

Ecuación 5: Ecuación para calcular el coeficiente necesario para calcular los puntos de confort

¹³ NTC. (2006)

Donde:

- a_s es la altitud de la finca, siendo 517 metros.
- $K_{s,a0}$ son los parámetros que figuran en la tabla proporcionada por NTC en función de la zona en la que se levanta el edificio.

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tabla 10: Valores de los parámetros $V_{b,0}$, a_0 , K_s

Se hace uso de las fórmulas para calcular la velocidad del aire, que en caso de la Toscana es 27,34 m/s. Ahora podemos calcular todas las características de nuestra zona de confort:

Rangos de confort						
Estacion	Temperatura[°C]	Humedad relativa(%)	Humedad Absoluta (wz) [kg/kg]	Entalpía (Hz) [kJ/kg as]	Volumen Especifico (vz) [m3/kg as]	Punto de Rocío (°C)
Verano	26	50	0,0105	52,9	0,862	14,8
Invierno	22	50	0,0082	43	0,847	11,1

Tabla 11: Puntos de Confort. Elaboración propia.

En la siguiente gráfica podemos observar los puntos de verano e invierno en el diagrama psicométrico:

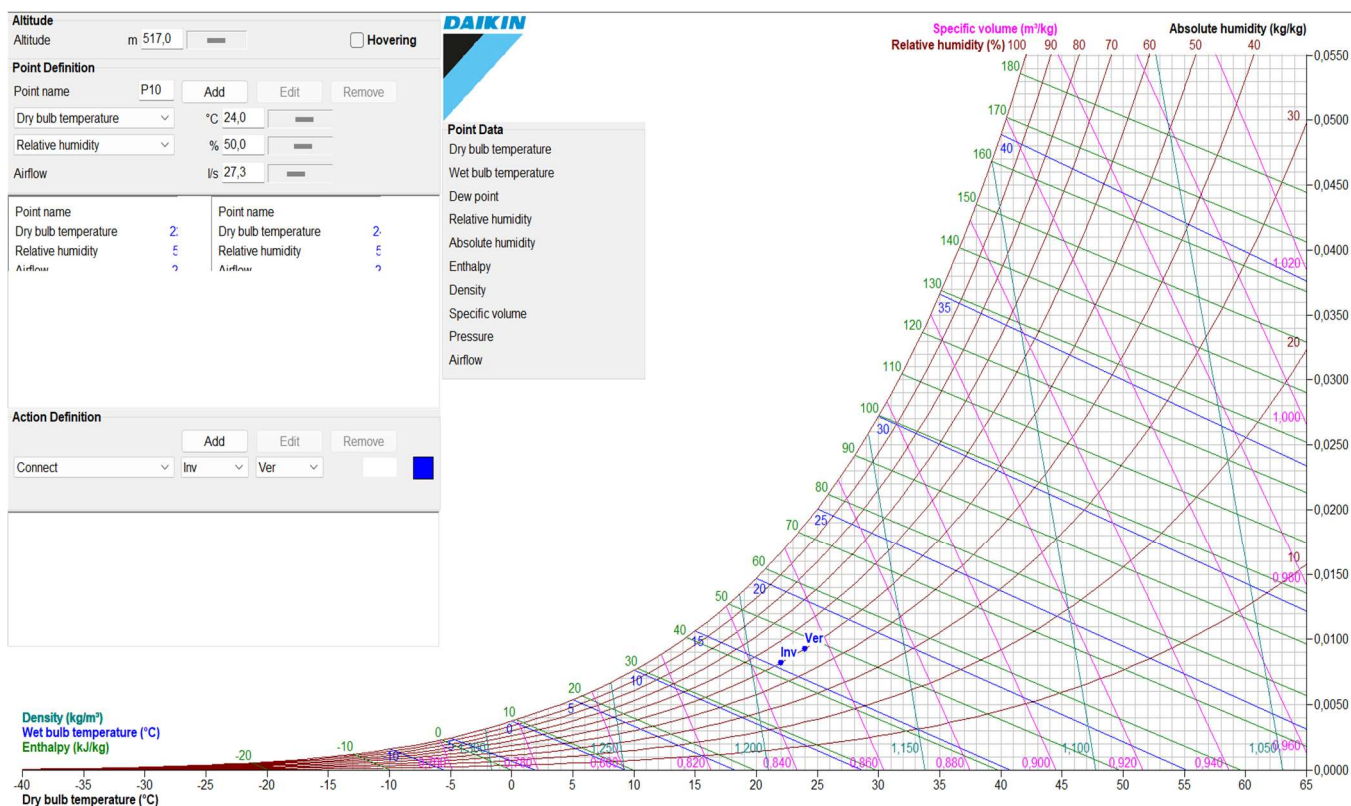


Ilustración 23: Diagrama Psicrométrico de las zonas de Confort. Elaboración propia.

Además de conocer los rangos de confort establecidos por la normativa italiana, también es preciso conocer el clima exterior de la zona de Siena. Para ello podemos hacer una búsqueda de sus mayores características¹⁴ y podemos observar lo siguiente:

¹⁴ WeatherSpark (2023)

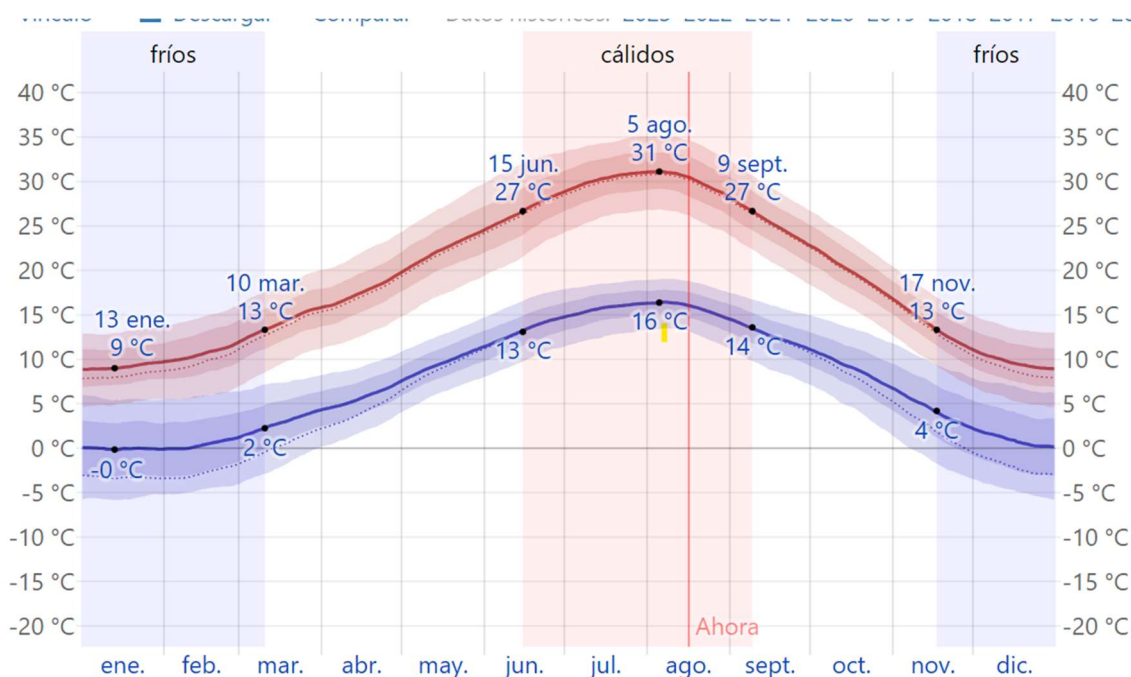


Ilustración 24: Temperaturas máximas y mínimas en Siena según WeatherSpark

Como podemos observar, el clima de Siena es clima de zona templada. Es decir, las temperaturas son elevadas en verano, pero en invierno pueden descender drásticamente.

La temporada calurosa dura unos 3 meses, siendo la temperatura promedio 27°C y la máxima 31°C. El mes más cálido se produce en julio, con una temperatura máxima promedio de 30°C.

Sin embargo, la temporada fría dura alrededor de 4 meses, siendo la temperatura máxima promedio diaria menor de 13°C. El mes más frío del año es enero, con una temperatura mínima de 0°C y máxima de 9°C.

En cuanto a la humedad relativa, es alta, la gente la puede encontrar incómoda o incluso opresiva. Una humedad relativa de confort está considerada en 40-60%. Sin embargo, la humedad relativa media en Siena es del 83%¹⁵

¹⁵ Dartosmundial (2023)

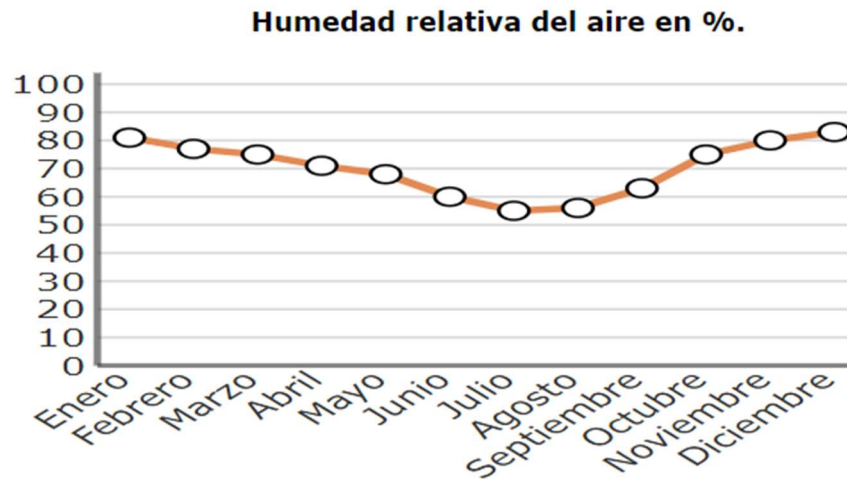


Ilustración 25: Humedad Relativa en Siena. Fuente: datasmundial

Si nos enfocamos en la humedad absoluta, aumenta en los meses cálidos. En invierno la humedad absoluta mínima es en febrero con 6,2 g/m³, y la máxima se produce en agosto siendo 13,4 g/m³.

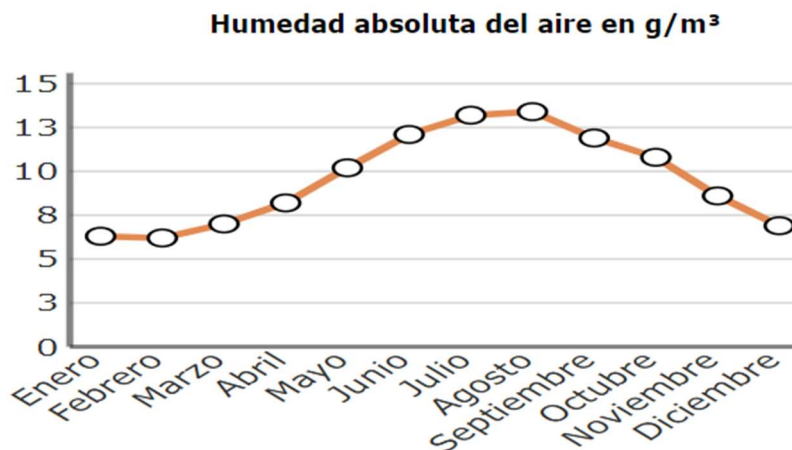


Ilustración 26: Humedad Absoluta en Siena. Fuente: datasmundial

4.2 CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

4.2.1 DEFINICIÓN DE LOS LOCALES DEL CORTIJO

Para comenzar con el diseño del sistema de climatización del cortijo, debemos decretar las estancias que han de ser climatizadas, definir su superficie y el aforo de estas. Se deja indicadas en la Figura 4.

Edificio	Planta	Estancias	Numero de estancias	Superficie (m2)	Aforo(per)	Ocupación (m2/persona)	
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	1	38,76	26	1,5	
		Salon	1	54,65	28	2	
		Baño	1	5,11	2	3	
		Cocina	1	22,93	3	10	
		Comedor-Cocina	1	23,35	16	1,5	
		Pasillo	1	12,78	Zona de Ocupción Ocasional	0	
	Primera	Recibidor	1	24,65	13	2	
		Habitación doble en la parte derecha del edificio	1	25,02	2	12,51	
		Baño 1	1	8,13	3	3	
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	1	13,21	1	13,21	
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	1	16,42	1	16,42	
		Baño 3	1	5,17	2	3	
		Habitación-Suite	1	42,01	2	21,005	
		Baño Suite	1	32,41	2	16,205	
		Pasillo	1	14,35	Zona de Ocupción Ocasional	0	
		Balcon	1	6,29	4	2	
		Pasillo Escalera	1	15,71	Zona de Ocupción Ocasional	0	
	Segunda	Desván	1	10,42	2	10	
Primera Dependencia	Baja	Cocina	1	14,4	2	10	
		Habitación individual en la parte trasera	1	9,97	1	9,97	
		Habitación individual en la parte trasera	1	10,91	1	10,91	
		Baño 1	1	4,54	1	3	
		Baño 2	1	5,11	1	3	
		Habitación Suite	1	63,05	2	31,525	
		Comedor	1	39,83	27	1,5	
		Balcon	1	38,19	20	2	
		Desván	1	10,01	1	10,01	
		Recibidor	1	18,49	10	2	
		Pasillo entre las dos habitaciones individuales	1	10	Zona de Ocupación Ocasional	0	
	Primera	Habitación doble en la parte superior	1	27,38	2	13,69	
	Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	2	25	2	12,5
			Desván	1	50	5	10

Tabla 12: Definición detallada de las estancias. Elaboración propia.

La ocupación de algunas permanencias de la casa se ha determinado en función de su uso, y en los que se pudiera aplicar la normativa se ha aplicado. En el caso de Italia no existe una legislación específica que regule el régimen jurídico de los inmuebles y, en particular, las áreas de construcción. Así que hemos utilizado el Código Técnico de la Edificación ¹⁶. En caso de las habitaciones, se ha determinado dependiendo si era una habitación doble o

¹⁶ CTE (2007)

individual. Los equipos de climatización estarán sobredimensionados, así que en caso de añadir una cama supletoria o querer poner literas en vez de una cama individual los equipos estarán sobradamente preparados para hacerlo frente.

4.2.2 CARGAS TÉRMICAS POR TRANSMISIÓN

La climatización tiene como objetivo hacer frente a todas aquellas cargas que aparecen en la finca para contrarrestarlas y así poder mantener unas condiciones de confort óptimas dentro de ella. Es por ello, que es necesario hacer una estimación de las cargas térmicas. Para calcular estas cargas se ha tomado como referencia los pasos propuestos en el *Manual de Calefacción*¹⁷.

Primero debemos distinguir cuales son las cargas térmicas que van a afectar a nuestra finca. Principalmente afectaran las cargas por transmisión, cargas internas y cargas por ventilación. Concentrándonos en las cargas por transmisión podemos ver que realmente es el calor por unidad de tiempo que atravesará las distintas estancias cerradas del cortijo.

Esta carga es posible calcularla mediante una ecuación:

$$Q_{str} = \sum K \cdot S \cdot |T_{ec} - T_i|$$

Ecuación 6: Cargas por transmisión.

Donde:

- **K** es el coeficiente global de transmisión térmica del cerramiento, expresado en W/m²°C.
- **S** es la superficie expuesta a la diferencia de temperaturas, en m².
- **T_i** es la temperatura interior del local (°C).
- **T_{ec}** es la temperatura exterior de cálculo (°C).

Se introduce el valor absoluto para poder utilizarla tanto en verano como en invierno.

¹⁷ Jutglar, miranda y Villarrubia (2011)

Haremos el cálculo de esta carga térmica para aquellas estancias que tengan contacto con el exterior. El contacto puede ser solamente de pared exterior, solo ventanal o puertas exteriores.

En este cortijo se ha utilizado piedra como material de las paredes, estimaremos su espesor en unos 80 cm. Las ventanas utilizadas son de cristal con marco metálico en la parte de la piscina y marco de madera para el resto del cortijo, supondremos una madera deteriorada ya que se trata de una finca relativamente antigua. Por último, todas las puertas son de madera. Para el tejado supondremos unas tejas de cerámica con un forjado de 30 cm y 15mm de yeso. El material por el que está compuesto la segunda dependencia es ladrillo cocido macizo de 30 cm.

En la siguiente figura podemos ver cada estimación de los coeficientes de transmisión empleados:

Tipo de cerramiento	K [W / m ² K]
Muro de piedra de 80 cm	1,74
Tejado forjado de cerámica sobre yeso	3,85
Ventanas de cristal con marco metálico	5,82
Ventanas de cristal con marco de madera	4,5
Puerta de madera	4,07
Ladrillo cocido macizo de 30 cm	2,7

Tabla 13: Estimaciones de los coeficientes de transmisión utilizados. Fuente: Jutglar, miranda y Villarrubia (2011)

Este es un método simple para calcular la carga de transmisión, mayoritariamente es escaso a la hora de calcular las cargas térmicas reales. Es por lo que lo más normal es añadir una serie de suplementos para complementar y acercarnos más a la carga real.

Se suelen añadir tres suplementos diferentes, el primero de ellos, es el suplemento por interrupción (z1). Este suplemento hace referencia a un gasto energético adicional en el momento en el que se deja de utilizar el servicio de climatización. Dependiendo de las horas utilizadas al día se tiene en cuenta un coeficiente u otro.

En la siguiente tabla adjunto los diferentes coeficientes a utilizar:

Horas de funcionamiento	z1
Continuo con reducción nocturna	0,12
De 16 a 18 h / día	0,15
De 12 a 16 h / día	0,2
De 8 a 12 h/ día	0,25
De 6 a 8 h/ día	0,3
De 4 a 6 h/ día	0,35

Tabla 14: Valores de suplemento por interrupción. Fuente: Jutglar, Miranda y Villarrubia (2011)

Las consideraciones que se han llevado a cabo son las siguientes:

- En las habitaciones, salones, recibidores, pasillos y baños se considerará un funcionamiento continuo con reducción nocturna.
- En la cocina y comedores se considerará un funcionamiento de 17 horas al día.
- En el caso de los desvanes, consideraremos un funcionamiento de 6 horas al día.

El segundo suplemento que añadiremos es aquel suplemento que depende de la orientación de la casa. El suplemento por orientación (z2) hace referencia a la pérdida o ganancia de calor adicional que obtienen los cerramientos dependiendo de la orientación que tengan, ya que pueden influir diferentes factores como el viento y el grado de humedad.

En la siguiente tabla podemos observar los diferentes coeficientes dependiendo de la orientación:

Orientación	z2
S	0
SO	0,025
O	0,075
NO	0,125
N	0,175
NE	0,175
E	0,125
SE	0,075

Tabla 15: Suplemento por orientación. Según CTE.

Por último, falta por añadir el suplemento referido a superficies frías (z3). Este suplemento hace referencia a posibles superficies frías en el edificio con respecto a la temperatura que haya en el interior. Los valores de los suplementos los podemos encontrar en la siguiente tabla:

Tipo de local	Ático	Plantas Intermedias	Plantas Bajas
Una pared exterior y ventanas de dimensiones normales	0,08	-	0,05
Una pared exterior y grandes ventanas	0,09	0,05	0,06
Dos paredes exteriores y ventanas normales	0,11	0,07	0,08
Dos paredes exteriores y grandes ventanas	0,13	0,1	0,1
Tres paredes exteriores y ventanas normales	0,13	0,1	0,1

Tabla 16: Suplemento por superficies frías. Fuente: Jutglar, Miranda y Villarrubia (2011)

Ahora que ya tenemos los tres suplementos, podemos escribir la ecuación completa:

$$Q_{str} = \sum K \cdot S \cdot |T_{ec} - T_i| \cdot (1 + z1) \cdot (1 + z2 + z3)$$

Ecuación 7: Ecuación para la carga por transmisión con suplementos.

Si observamos la dirección que tiene el viento en Siena. En verano, el viento con más frecuencia viene del oeste durante 4 meses aproximadamente, del 14 de mayo al 10 de septiembre, con un porcentaje máximo del 40%. Si observamos el clima en invierno, podemos observar otro panorama completamente distinto, ya que durante 6,5 meses predominan los vientos provenientes del este, con un porcentaje máximo del 39% el 1 de enero.

Por lo general, en cada estación predomina el viento de una dirección distinta. Pero siempre está presente el viento en dirección norte o noreste. En la próxima gráfica se puede ver La rosa de los vientos en Siena, donde se puede apreciar el predominio del viento noreste y una gran aportación en dirección hacia el sur. Es por ello que se aumentará en un 10% la aportación del viento en dirección Norte y un 10% en dirección Sur.

Se puede observar mejor en la siguiente gráfica¹⁸:

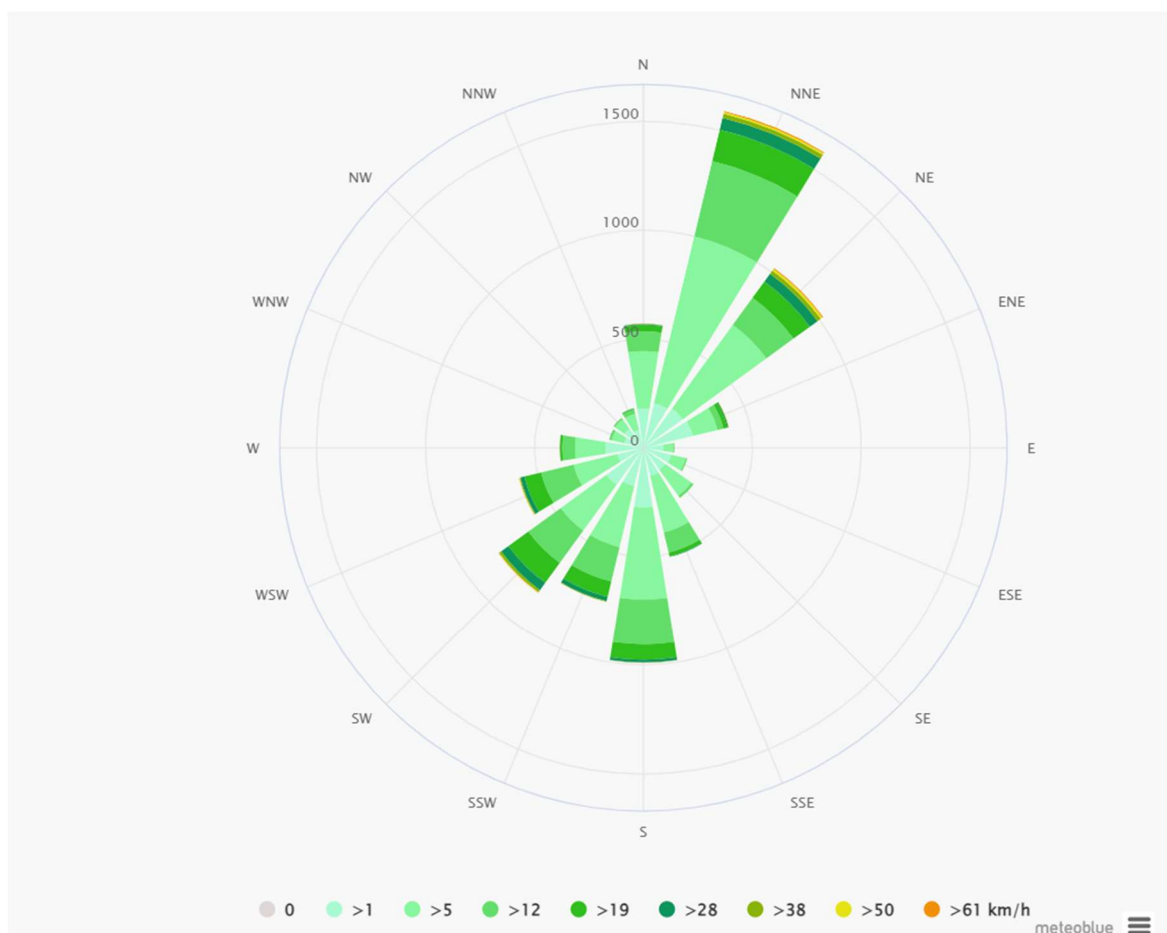


Ilustración 27: Dirección el viento en Siena. Fuente: WeatherSpark.

¹⁸ Meteoblue (2023)

En la siguiente tabla podemos observar el resultado de las cargas por transmisión tanto en verano como en invierno de cada una de las estancias:

Edificio	Planta	Estancias	Q transmisión invierno [W]	Q transmisión verano [W]
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	12655,45008	4867,4808
		Salon	7599,371052	2901,534636
		Baño	487,4792832	187,492032
		Cocina	5262,170846	2023,911864
		Comedor-Cocina	1387,917112	533,8142738
		Pasillo	1422,371059	547,065792
		Recibidor	2189,493852	842,11302
	Primera	Habitación doble en la parte derecha del edificio	8281,923643	3185,355247
		Baño 1	1590,705524	611,8098168
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	2030,700381	781,038608
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	3372,000297	1296,923191
		Baño 3	892,4439524	343,247674
		Habitación-Suite	14059,8984	5407,65323
		Baño Suite	8973,971712	3451,527582
		Pasillo	-	-
		Balcon	-	-
		Pasillo Escalera	-	-
	Segunda	Desván	5714,036709	2197,706427
Primera Dependencia	Baja	Cocina	2954,93328	1136,5128
		Habitación individual en la parte trasera	1721,018608	661,930234
		Habitación individual en la parte trasera	1883,281145	724,338902
		Baño 1	-	-
		Baño 2	-	-
		Habitación Suite	25347,34839	9748,98015
		Comedor	7103,879451	2728,276336
		Balcon	-	-
		Desván	3023,176907	1162,760349
		Recibidor	1759,652622	676,78947
		Pasillo entre las dos habitaciones individuales	1726,1972	663,922
	Primera	Habitación doble en la parte superior	13070,05131	5026,94281
Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	9147,593	3518,305
		Habitación con acceso a la piscina	9196,733	3537,205
		Desván	23875,0525	9182,7125

Tabla 17: Cargas por transmisión. Elaboración propia.

4.2.3 CARGAS TÉRMICAS POR VENTILACIÓN

La carga térmica por ventilación es aquella transmitida por infiltraciones de aire exterior. Estas infiltraciones pueden ser mediante huecos involuntarios o ventilación de aire exterior voluntariamente introducido.

Distinguimos dos tipos de cargas:

- Carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior “ Q_{si} ”, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_{si} = V \cdot \rho \cdot C_e \cdot \Delta T$$

Ecuación 8: Carga sensible por infiltraciones

Siendo:

- Q_{si} es la carga sensible térmica por ventilación e infiltración de aire exterior (W)
 - V es el caudal de aire infiltrado (m³/s)
 - ρ es la densidad del aire (1,18 kg/m³)
 - $C_{e,aire}$ es el calor específico del aire (1012 J/kg°C)
 - ΔT es la diferencia de temperaturas entre el ambiente exterior e interior.
- Carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior “ Q_{li} ”, la cual se obtiene mediante la siguiente expresión¹⁹:

$$Q_{li} = V \cdot \rho \cdot C_{e,agua} \cdot \Delta w$$

Ecuación 9: Carga latente por infiltraciones

Siendo:

- Q_{li} carga térmica latente por ventilación de aire exterior (W)
- V es el caudal de aire infiltrado (m³/s)
- ρ es la densidad del aire (1,18 kg/m³)
- $C_{e,agua}$ es el calor específico del agua (2257 kJ/kg)
- Δw es la diferencia de humedad absoluta entre el ambiente exterior e interior

¹⁹ Climayoreo (2023)

La diferencia entre las cargas latentes y las cargas sensibles es que las sensibles trata la diferencia entre temperaturas y la otra entre humedades.

A su vez, debemos calcular dos tipos de caudales, el caudal de infiltración y el caudal de ventilación.

En primer lugar, calcularemos el caudal de infiltración. Este se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$V_i = \sum I_i \cdot S_i$$

Ecuación 10: Caudal de infiltración.

Donde:

- V_i es el caudal de infiltración
- I_i es la permeabilidad del hueco ($m^3/h \cdot m^2$)
- S_i es la superficie del hueco.

Como no conocemos la permeabilidad de los huecos de carpintería de la finca, utilizaremos los límites que establece el Código Técnico de la Edificación²⁰. No ocurre nada porque estén ligeramente sobredimensionados, ya que los equipos tendrán capacidad para climatizar las estancias.

Tenemos que acudir al CTE debido a que en la “Norme Tecnica per le Costruzioni”²¹ no encontramos ninguna información relacionada sobre los límites de permeabilidad.

El clima de la Toscana lo podemos asemejar al clima que tenemos en Castilla y León, ya que ambos son climas templados, calurosos en veranos y fríos en invierno. En los siguientes gráficos²² se puede apreciar mejor su similitud:

²⁰ CTE (2007)

²¹ NTC (2005)

²² Datosmundial (2022)

Colores de los siguientes diagramas climáticos:

Toscana
Castilla y León

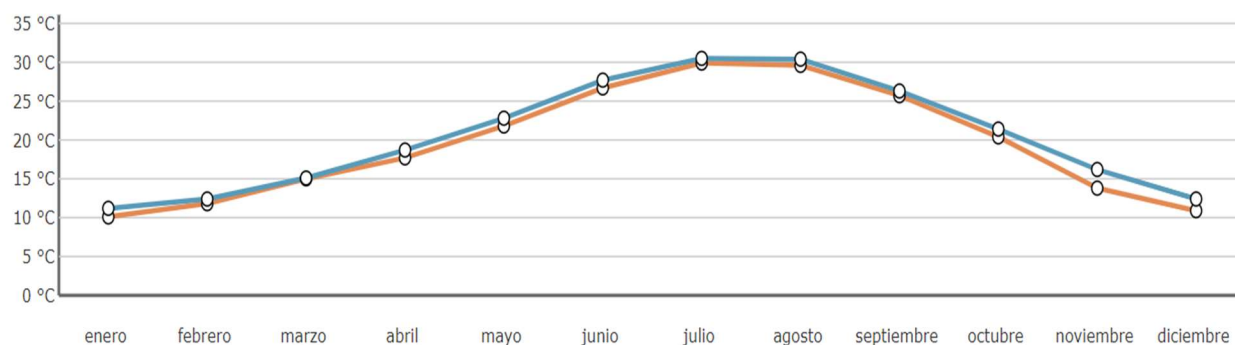


Ilustración 28: Comparación temperaturas máximas diarias Cyl/Toscana. Fuente: datosmundial.com

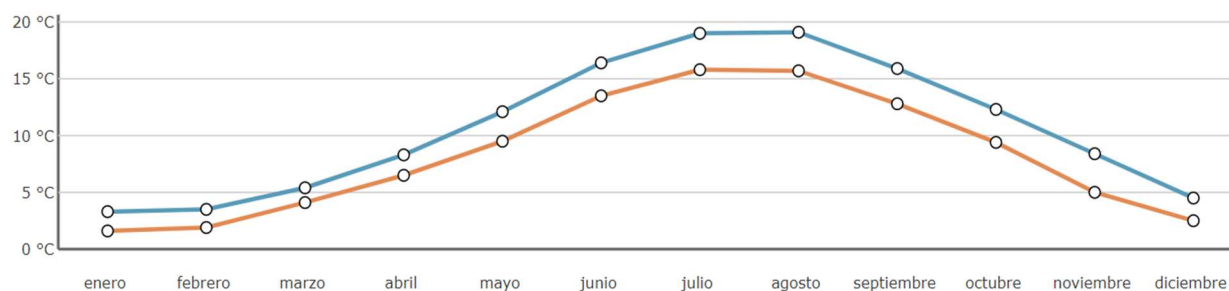


Ilustración 29: Comparación temperaturas mínimas nocturnas Cyl/Toscana. Fuente: datosmundial.com

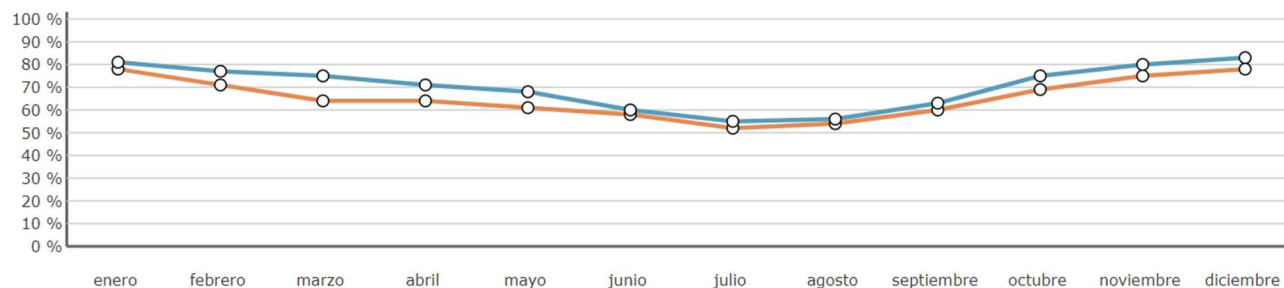


Ilustración 30: Comparación Humedad CyL/Toscana. Fuente: datosmundial.com

En la siguiente tabla se puede apreciar la similitud de las características:

	España, Castilla y León	Italia, Toscana
Zona climática	Zona templada	Zona templada
Latitudes	43° 6' N a 40° 9' N	44° 23' N a 42° 26' N
Distancia al ecuador	4.500 - 4.800 km	4.700 - 4.900 km
Temperatura máxima diaria	19,30 °C	20,30 °C
Temperatura mínima diaria	8,1 °C	10,60 °C
Humedad	65%	70%
Apresurado	635 mm	2.606 mm
Días de lluvia	80,4 días	69,6 días
Horas de sol	2.482 hrs.	2.446 hrs.

Tabla 18: Similitud climas entre CyL y Toscana. Elaboración propia.

Como hemos podido observar se trata de climas muy semejantes y del mismo tipo. Por lo que procedemos a utilizar el Código Técnico de Edificación²³ para hallar el límite de permeabilidad de la zona.

Zona climática	A	B	C	D	E
Límites de permeabilidad al aire de huecos [m³/h m²]	50	50	27	27	27

Tabla 19: Valor límite de permeabilidad. Según la CTE

Como gran parte de Castilla Y León tiene un clima tipo D, utilizaremos para nuestro proyecto un límite de permeabilidad de 27 m³ / (h*m²).

²³ CTE (2007)

En cuanto al caudal por ventilación, se refiere al caudal del aire exterior introducido voluntariamente. En la siguiente tabla se establecen los límites de renovación del aire de la estancia por hora según el Manual de Calefacción²⁴:

Tipo de local	Renovación de aire por hora (n)
Con una cara al exterior	0,8
Con dos caras al exterior	1,2
Con tres caras al exterior	2
Solarium con mucho ventanal y 3 o 4 caras al exterior	2,5

Tabla 20: Límites de renovación de aire por hora de un local. Elaboración propia.

Si tenemos en cuenta estos límites de renovación de aire por hora, podemos calcular el caudal de ventilación de la siguiente manera:

$$Vv = n \cdot Volumen$$

Ecuación 11: Caudal de ventilación.

Donde:

- **Vv** es el caudal de ventilación
- **n** el número de renovaciones por hora
- **Volumen** es el volumen de la estancia que se quiere climatizar

Por lo tanto, debemos tener en cuenta ambos caudales, tanto el de infiltración como el de ventilación. Una vez establecidos ambos caudales nos quedaremos con el que tenga un mayor valor.

Cuando hayamos calculado los caudales, podemos empezar a calcular las cargas latentes y sensibles, ambas serán calculadas tanto en verano como en invierno. Y se calcularán a partir de las ecuaciones que se han mostrado anteriormente.

²⁴ Jutglar, miranda y Villarrubia (2011)

En las siguientes tablas podemos encontrar un resumen de los caudales y las cargas calculados:

Edificio	Planta	Estancias	Caudal de infiltracion (m³/s)	Caudal de ventilacion (m³/s)
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	108	201,552
		Salon	129,6	65,58
		Baño	27	10,6288
		Cocina	108	71,5416
		Comedor-Cocina	135	72,852
		Pasillo	27	26,5824
		Recibidor	81	51,272
	Primera	Habitación doble en la parte derecha del edificio	81	97,2
		Baño 1	40,5	25,3656
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	40,5	27,4768
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	40,5	51,2304
		Baño 3	40,5	10,7536
		Habitación-Suite	202,5	131,0712
		Baño Suite	40,5	101,1192
		Pasillo	40,5	29,848
		Balcon	-	-
		Pasillo Escalera	-	-
	Segunda	Desván	40,5	67,73
Primera Dependencia	Baja	Cocina	81	44,928
		Habitación individual en la parte trasera	40,5	20,7376
		Habitación individual en la parte trasera	40,5	22,6928
		Baño 1	-	-
		Baño 2	-	-
		Habitación Suite	270	196,716
		Comedor	81	124,2696
		Balcon	-	-
		Desván	81	31,2312
		Recibidor	81	38,4592
		Pasillo entre las dos habitaciones individuales	27	20,8
	Primera	Habitación doble en la parte superior	27	177,97
Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	81	130
		Desván	324	260

Tabla 21: Caudales de infiltración y ventilación. Elaboración propia.

Edificio	Planta	Estancia	Tipo	Cargas por ventilación en invierno [W]	Cargas por ventilación en verano [W]
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	Qsi(W)	869,14	334,29
			Qi(W)	298,21	432,41
		Salon	Qsi(W)	558,87	214,95
			Qi(W)	191,75	278,04
		Baño	Qsi(W)	116,43	44,78
			Qi(W)	39,95	57,93
		Cocina	Qsi(W)	465,72	179,12
			Qi(W)	159,8	231,7
		Comedor-Cocina	Qsi(W)	582,15	223,91
			Qi(W)	199,74	289,63
		Pasillo	Qsi(W)	116,43	44,78
			Qi(W)	39,95	57,93
		Recibidor	Qsi(W)	349,29	134,34
			Qi(W)	119,85	173,78
	Primera	Habitación doble en la parte derecha del edificio	Qsi(W)	419,15	161,21
			Qi(W)	143,82	208,53
		Baño 1	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	Qsi(W)	220,92	84,97
			Qi(W)	75,8	109,91
		Baño 3	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
		Habitación-Suite	Qsi(W)	873,23	335,86
			Qi(W)	299,62	434,44
		Baño Suite	Qsi(W)	436,05	167,71
			Qi(W)	149,61	216,94
		Pasillo	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
	Segunda	Desván	Qsi(W)	292,07	112,33
			Qi(W)	100,21	145,31
Primera Dependencia	Baja	Cocina	Qsi(W)	349,29	134,34
			Qi(W)	119,85	173,78
		Habitación individual en la parte trasera	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
		Habitación individual en la parte trasera	Qsi(W)	174,65	67,17
			Qi(W)	59,92	86,89
		Habitación Suite	Qsi(W)	1164,31	447,81
			Qi(W)	399,49	579,26
		Comedor	Qsi(W)	535,88	206,11
			Qi(W)	183,87	266,61
		Desván	Qsi(W)	349,29	134,34
			Qi(W)	119,85	173,78
		Recibidor	Qsi(W)	349,29	134,34
			Qi(W)	119,85	173,78
		Pasillo entre las dos habitaciones individuales	Qsi(W)	116,43	44,78
			Qi(W)	39,95	57,93
	Primera	Habitación doble en la parte superior	Qsi(W)	767,45	295,17
			Qi(W)	263,32	381,82
Segunda dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	Qsi(W)	560,59	215,61
			Qi(W)	192,35	278,9
		Desván	Qsi(W)	1397,17	537,37
			Qi(W)	479,39	695,11

Tabla 22: Cargas por ventilación de las dependencias. Elaboración propia.

4.2.4 CARGAS TÉRMICAS INTERNAS

Cuando hablamos de cargas térmicas internas nos referimos aquellas cargas térmicas que principalmente están generadas por las personas que se encuentran en su interior, es decir, por el calor que desprende la persona. Además, estas cargas también la generan la iluminación que se encuentra en su interior, refiriéndonos al calor que desprenden las bombillas que se utilizan.

En cuanto a las cargas generadas por las personas, denominadas cargas por ocupación, se ha utilizado el documento *Reglas Prácticas en Diseño de Climatización*²⁵, donde en él se hace una estimación de las cargas sensibles y latentes que genera una persona dependiendo de la actividad que este realizando y la temperatura que haya dentro del edificio. Podemos encontrar los siguientes valores en la siguiente tabla:

Actividad	Tipo de local	Temperatura del local					
		27°C		24°C		21°C	
		Sensible [W/per]	Latente [W/per]	Sensible [W/per]	Latente [W/per]	Sensible [W/per]	Latente [W/per]
Dormido, descanso	Vivienda	35	35	45	25	50	20
Sentado, reposo	Teatro, escuela	40	45	50	35	55	30
Sentado, trabajo ligero	Oficinas, restaurantes	50	55	60	50	70	40
En pie, trabajo ligero, marcha	Tiendas, farmacias, almacenes	50	75	65	60	70	55
Trabajo ligero industrial	Gábricas, almacenes, talleres	45	120	65	100	80	85
Ejercicio físico	Sala de baile, gimnasio	50	130	70	110	85	95
Trabajo penoso	Fábrica, mina	100	210	110	200	130	180

Tabla 23: Cargas latentes y sensibles estimadas en distintos locales. Elaboración propia.

Las cargas que se han utilizado para las diferentes estancias son las siguientes:

- Para las habitaciones se han utilizado las cargas generadas por estar tumbado durmiendo o descansando
- Para el salón, comedor y baños se han utilizado las cargas de reposo o sentado.
- Para la cocina y baños se han utilizado aquellas de sentado o trabajo ligero.
- Para pasillos, recibidores y desvanes se han utilizado marcha lenta o trabajo ligero.
- Para el desván con acceso a la piscina se considera trabajo ligero industrial.

²⁵ González Sierra, Carlos (2013)

El proceso de cálculo será multiplicar la carga que genere una persona en las distintas situaciones posibles por el aforo máximo que tenga cada estancia. Se calcularán las cargas tanto como para invierno como para verano ya que el cortijo puede estar ocupado en ambas fechas. Para el hacer el cálculo en verano se han tomado los valores referidos a 24°C, para realizar el cálculo de cargas de invierno se han cogido los valores referidos a 21°C.

En la siguiente tabla se puede observar los valores de carga por ocupación:

Edificio	Planta	Estancia	Tipo	Carga ocupación en verano [W]	Carga ocupación invierno [W]
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	Qsi(W) Qli(W)	1300 910	1430 780
		Salon	Qsi(W) Qli(W)	1400 980	1540 840
		Baño	Qsi(W) Qli(W)	120 100	140 80
		Cocina	Qsi(W) Qli(W)	180 150	210 120
		Comedor-Cocina	Qsi(W) Qli(W)	800 560	880 480
		Pasillo	Qsi(W) Qli(W)	650 600	700 550
		Recibidor	Qsi(W) Qli(W)	845 780	910 715
	Primera	Habitación doble en la parte derecha del edificio	Qsi(W) Qli(W)	90 50	100 40
		Baño 1	Qsi(W) Qli(W)	180 150	210 120
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	Qsi(W) Qli(W)	45 25	50 20
		Habitación individual en la parte superior derecha del edificio	Qsi(W) Qli(W)	45 25	50 20
		Baño 3	Qsi(W) Qli(W)	120 100	140 80
		Habitación-Suite	Qsi(W) Qli(W)	90 50	100 40
		Baño Suite	Qsi(W) Qli(W)	120 100	140 80
		Pasillo	Qsi(W) Qli(W)	715 660	770 605
		Balcón	Qsi(W) Qli(W)	260 240	280 220
		Pasillo Escalera	Qsi(W) Qli(W)	715 660	770 605
	Segunda	Desván	Qsi(W) Qli(W)	130 120	140 110
Primera Dependencia	Baja	Cocina	Qsi(W) Qli(W)	120 100	140 80
		Habitación individual en la parte trasera	Qsi(W) Qli(W)	45 25	50 20
		Habitación individual en la parte trasera	Qsi(W) Qli(W)	45 25	50 20
		Baño 1	Qsi(W) Qli(W)	60 50	70 40
		Baño 2	Qsi(W) Qli(W)	60 50	70 40
		Habitación Suite	Qsi(W) Qli(W)	90 50	100 40
		Comedor	Qsi(W) Qli(W)	1350 945	1485 810
		Desván	Qsi(W) Qli(W)	65 60	70 55
		Recibidor	Qsi(W) Qli(W)	650 600	700 550
		Pasillo entre las dos habitaciones individuales	Qsi(W) Qli(W)	520 480	560 440
	Primera	Habitación doble en la parte superior	Qsi(W) Qli(W)	90 50	100 40
Segunda dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	Qsi(W) Qli(W)	90 50	100 40
		Desván	Qsi(W) Qli(W)	325 300	350 275

Tabla 24: Cargas por ocupación de las dependencias. Elaboración propia.

Los equipos de iluminación, como las bombillas utilizadas en las estancias, son las encargadas de generar las cargas térmicas de iluminación. Por lo que, es vital conocer o determinar las bombillas que se van a utilizar para cada habitación del cortijo, además de la iluminación que conllevará. Para ello se han tenido en cuenta una serie de cosas:

- Para zonas de ocupación ocasional y lugares de trabajo, como los pasillos, vestíbulos, baños y cocina es mejor una luz neutra. Con una cantidad de luz aproximada de 300 lux
- Para el desván se instalará una luz fría. Con una cantidad de luz aproximada de 500 lux.
- Para el resto de las estancias es conveniente una luz más cálida. Con una cantidad de luz aproximada de 250 lux.

Como regla general, se suele utilizar 4W por metro cuadrado a la hora de elegir la iluminación de una estancia. Por lo que, a partir de esta norma general podemos elegir el número de bombillas a utilizar en cada habitación.

Antes de realizar el cálculo anterior, debemos tener claro que tipo de bombillas vamos a utilizar en cada estancia, ya que hay que utilizar diferentes dispositivos dependiendo de cuantos lux se necesite. Podemos echar un vistazo al catálogo de iluminación en línea para encontrar las bombillas que se adapten a las características deseadas. Si realizando el cálculo de lúmenes podemos cubrir la iluminación necesaria de los locales siendo menos que 4W por metro cuadrado se utilizará.

Elegimos unas bombillas²⁶, en concreto una bombilla LED E27 de 1521 lúmenes con regulación de intensidad luminosa y tipo C de consumición.

A continuación, calculamos cuantos lúmenes serán necesarios en cada estancia y elegiremos el número de bombillas redondeando al alza. La carga de iluminación será igual

²⁶ IKEA (2023)

a la potencia desprendida por las bombillas multiplicada por el número de bombillas en cada habitación.

Suponemos que la carga calculada será igual tanto como para verano como para invierno, ya que hay habitabilidad en ambas estaciones.

Estancias	Area (m2)	Lúmenes	Nº Bombillas	Carga de iluminación [W]
COMEDOR-SALON	38,76175562	9690,438904	7	66,5
SALON	54,64641646	13661,60411	9	85,5
BAÑO-PLANTA BAJA	5,106638164	1531,991449	2	19
COCINA	22,93100193	6879,30058	5	47,5
COMEDOR-COCINA	23,35300846	7005,902538	5	47,5
PASILLO	12,77748439	3833,245318	3	28,5
RECIBIDOR	24,65043533	7395,130599	5	47,5
HABITACION 1	25,0207149	6255,178726	5	47,5
BAÑO 1	8,129390699	2438,81721	2	19
HABITACION 2	13,20504968	3301,262419	3	28,5
HABITACION 3	16,41970926	4104,927316	3	28,5
BAÑO 3	5,166886008	1550,065802	2	19
SUITE	42,00672083	10501,68021	7	66,5
BAÑO SUITE	32,41478992	9724,436976	7	66,5
PASILLO	14,34908048	4304,724143	3	28,5
BALCON	6,291836831	3145,918416	3	28,5
PASILLO ESCALERA	15,7132652	4713,979561	4	38
DESVAN	10,4196617	5209,830849	4	38

COCINA	14,40068464	4320,205393	3	28,5
CAMARA 1	9,972635786	2493,158946	2	19
CAMARA 2	10,90737055	2726,842638	2	19
BAÑO 1	4,53639352	1360,918056	1	9,5
BAÑO 2	5,113580143	1534,074043	2	19
CAMARA SUITE	63,05244906	15763,11227	11	104,5
COMEDOR	39,83356506	9958,391265	7	66,5
BALCON	38,18787713	19093,93857	13	123,5
DESVAN	10,01406774	5007,033872	4	38
INGRESO	18,49017857	5547,053571	4	38
CAMARA 3	27,38455301	6846,138253	5	47,5
CAMARA 1	25	6250	5	47,5
CAMARA 2	25	6250	5	47,5
DESVAN	50	25000	17	161,5

Tabla 25: cargas de iluminación de las dependencias. Elaboración propia.

También hay que tener en cuenta los electrodomésticos de la casa y el calor que desprende cada uno de ellos. Solo tendremos en cuenta los electrodomésticos que hay en la cocina, ya que es en la estancia donde más electrodomésticos se encuentran.

En la siguiente tabla se puede encontrar la potencia que consume cada electrodoméstico y la carga térmica total de una cocina:

Frigorífico	400
Lavadora - Secadora	3000
Lavavajillas	2500
Televisión	300
Microondas	700
Vitrocerámica	1500
Horno	2000
Aspiradora	1250
Campana extractora	200
Cafetera eléctrica	700
Potencia Total	12550
Carga Térmica	9412,5

Tabla 26: Cargas de los electrodomésticos. Elaboración propia.

La carga térmica se ha calculado multiplicando la potencia total por el coeficiente 0,75, ya que se supone que no estarán todos los electrodomésticos funcionando al mismo tiempo.

La carga calculada se multiplicará por dos ya que tenemos dos cocinas en el cortijo. La carga total será de 18825 W.

4.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN

4.3.1 EQUIPOS DE IMPULSIÓN DE AIRE

Con las cargas térmicas ya calculadas, procedemos a calcular las cargas totales que van a ejercer sobre cada estancia para poder realizar el dimensionamiento de los equipos de climatización.

Debemos tener en cuenta las condiciones más desfavorables en cada estación, es decir, en invierno y en verano. Para ello debemos quitar o no las cargas térmicas internas ya que en invierno sirven de gran ayuda porque ayudan a mantener caliente la casa, pero en verano suponen un problema. Es por ello por lo que calcularemos las cargas térmicas totales de la siguiente manera:

- Para invierno se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{total} = Q_{transmisión} + Q_{ventilación}$$

Ecuación 12: Carga total en invierno.

- Para verano se utilizará la siguiente fórmula:

$$Q_{total} = Q_{transmisión} + Q_{ventilación} + Q_{internas}$$

Ecuación 13: Carga total en verano.

Los sistemas de climatización son dispositivos que tienen la capacidad de hacer modificaciones en cuanto a temperatura, humedad y la circulación y pureza del aire con el fin de establecer un confort térmico. Estas modificaciones las consiguen impulsando aire en las condiciones de confort. El aire impulsado está formado por aire del exterior y aire que se reutiliza del interior, por lo tanto, habrá que calcular ambos caudales, el que entra del exterior como el que se reutiliza del interior.

Para poder dimensionar correctamente el cortijo vamos a dividirlo por zonas:

- Planta baja del edificio principal
- Primera y segunda planta del edificio principal
- Primera dependencia
- Segunda dependencia

Se ha estimado que en algunas zonas se utilizarán Unidades de tratamiento del aire (UTA) y en otras se instalarán *fancoils*, se ha decidido de la siguiente manera:

- En la planta baja del edificio principal se utilizará una Unidad de tratamiento del aire debido a que todas las estancias son zonas comunes y no hay necesidad de regular cada estancia por separado.
- En la primera y segunda planta se hará uso de *fancoils* para que cada habitación pueda regular la temperatura a su gusto.
- En la primera dependencia se utilizarán *fancoils*, ya que la mitad de la superficie prácticamente son habitaciones. Solo hay dos zonas comunes, cocina y comedor,

por lo que se va a apostar por los fancoils, por si en algún momento no se utilizan todas las habitaciones.

- En la segunda dependencia se pondrán *fancoils* ya que no es lo suficientemente grande como para poner UTA y de las 3 estancias que hay 2 son habitaciones.

A continuación, dimensionamos los equipos de Unidad de Tratamiento del aire.

Si consultamos el RTI²⁷ la diferencia máxima de temperatura de impulsión permitida respecto a la temperatura de confort es ser diferente según sea verano o invierno. En verano se permiten como máximo 15°C de diferencia, mientras que en invierno no está capado siempre y cuando generen confort. Generalmente no está recomendado pasarse mucho de la temperatura de confort.

Es por eso que se ha decidido fijar la temperatura de la planta baja del edificio principal en 20°C durante verano y 28°C en invierno. Ambas tienen una diferencia de 6°C con las temperaturas de confort deseadas.

A continuación, se presentará un diagrama psicométrico tanto para las condiciones de calefacción como para las de refrigeración:

- Diagrama psicométrico para calefacción: En el diagrama se muestra como se mezcla el aire del interior (int) con el aire exterior (ext). La mezcla de ambos aires (Mez) es tratado en el sistema de climatización donde sufre un aporte de calor sensible hasta llegar al punto (Imp') y posteriormente un aporte de calor latente hasta llegar al punto (Imp). Más tarde, el aire de impulsión vence la carga sensible del local hasta llegar a la temperatura interior (Int)
- Diagrama psicométrico para refrigeración: El aire interior (int) se mezcla con una fracción del aire exterior (ext). La mezcla se enfría hasta llevarlas a condiciones de impulsión (imp), se pierde temperatura y humedad. El aire impulsado vence las

²⁷ Regolamento Tecnico per le Installazioni Fisse di Climatizzazione invernale ed estiva negli Edifici” (2012)

cargas térmicas interiores sensibles del local (imp') y más tarde, vence las latentes hasta llegar al punto de temperatura interior (int).

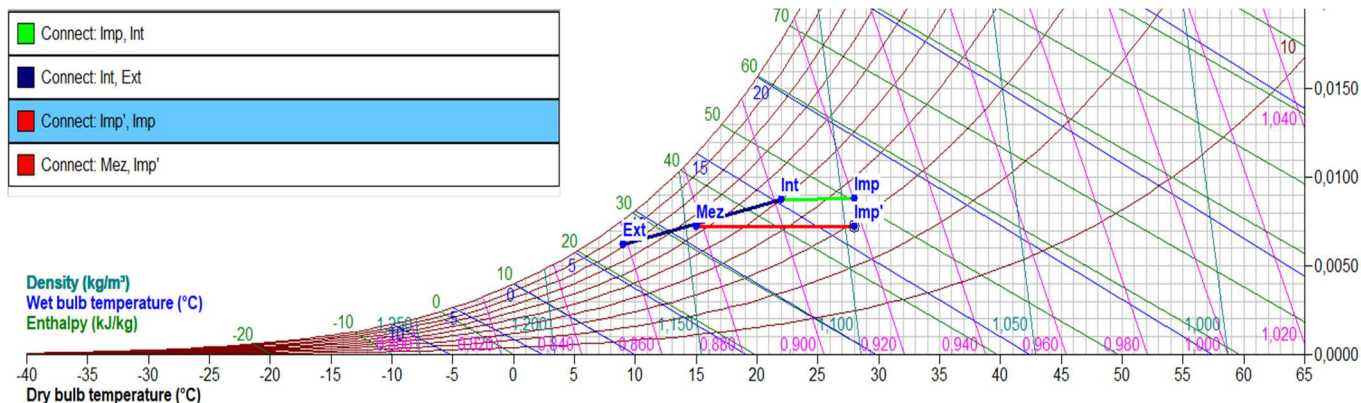


Ilustración 31: Diagrama psicrométrico para la calefacción. Elaboración propia con Daikin

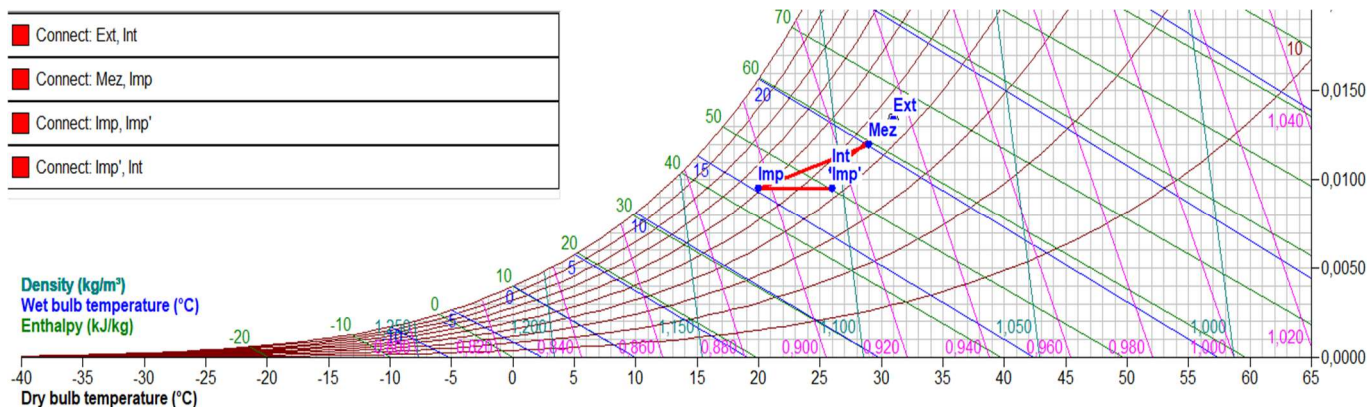


Ilustración 32: Diagrama psicrométrico para la refrigeración. Elaboración propia con Daikin

El caudal de impulso es el caudal que impulsa el equipo para combatir la carga térmica. Este caudal dependerá del salto térmico que se quiera dar al aire, en nuestro caso será de 6°C tanto en verano como en invierno. Sabiendo la carga térmica total y el cambio de temperatura podemos hallar el caudal de impulso mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{impulso}} = \frac{Q_{\text{total}}}{0,3 \cdot |T_{\text{confort}} - T_{\text{impulso}}|}$$

Ecuación 14: Caudal de impulso.

$$Q_{\text{impulso}} = Q_{\text{ventilación}} + Q_{\text{recirculación}}$$

Ecuación 15: Caudal de impulso.

Estancias	Potencia necesaria UTA verano [W]	Potencia necesaria UTA invierno[W]	Caudal de impulso en verano [m3/h]	Caudal de impulso en invierno [m3/h]
Comedor-Salon	12844,65723	26478,25016	7135,920686	14710,13898
Salon	8847,062416	15949,3621	4915,034676	8860,756724
Baño	735,690969	1131,338066	408,717205	628,521148
Cocina	4883,651348	11149,85969	2713,139638	6194,366496
Comedor-Cocina	3036,163073	3557,731724	1686,757263	1976,517624
Pasillo	2503,838489	3001,121618	1391,021383	1667,289788
Recibidor	3712,346755	4848,126204	2062,414864	2693,403447

Tabla 27: Caudales de impulsión de la planta baja y Potencia necesaria para UTA. Elaboración propia

Para hacer un correcto dimensionamiento de la UTA debemos asegurar que el equipo sea capaz de trabajar en condiciones máximas, en verano y en invierno. Para elegir el UTA, se ha utilizado el siguiente catálogo de UTAs²⁸, donde podemos encontrar el UTA ideal para las condiciones exigidas. A continuación, se puede ver las condiciones exigidas a la UTA y las condiciones del UTA elegido para las zonas comunes:

	Caudal [m3/h]	Potencia verano [kcal/h]	Potencia invierno[kcal/h]
Condiciones de la finca	31588	31444,53	56859,58
Características de la UTA	35000	151433	108000

Tabla 28: Comparación de necesidades y características de UTA proporcionada para la planta baja del edificio principal. Elaboración propia.

Como se puede observar, en el caso de las UTAs el principal condicionante es el caudal de aire, por lo que hay un sobredimensionamiento en las potencias.

²⁸ Dimatek (2023)

En cuanto a las dos zonas sobrantes, el primer y segundo piso del edificio principal, la primera y la segunda dependencia, como se ha comentado antes, se va a instalar *fancoils* en ellas. El principal motivo de la decisión ha sido la posibilidad de variar de temperatura dentro de cada habitación sin afectar a las otras estancias. Un control descentralizado. A su vez, cuando una habitación este libre, se ahorrará consumo ya que el fancoil se mantendrá apagado en esa estancia.

En el caso de estos fancoils, se ha decidido un aire de ventilación del 20% en referencia al aire total de impulsión. Los fancoils corresponden a las cargas sensibles generadas en las estancias, por lo que va a ser la carga referente a la hora de dimensionar los equipos idóneos para cada habitación. A continuación, se puede observar los equipos seleccionados²⁹:

²⁹ Daikin (2023)

Planta	Estancias	Condiciones necesarias			Características de los fancoils				
		Caudal de impulso [m3/h]	Cargas sensibles invierno [W]	Cargas sensibles verano [W]	Modelo	Caudal del Aire[m3/h]	Potencia refrigeración [W]	Potencia calefacción [W]	Nº Equipos/Sala
ZONA 1	Habitación doble en la	259,2500889	466,65016	298,7116	FWB06JT 2 TUBOS	747	340	630	1
	Baño 1	147,8730556	193,6459	266,1715	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Habitación individual en	112,8588333	203,1459	140,6715	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Habitación individual en	138,5655599	249,4180078	158,4684645	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Baño 3	114,5397222	193,6459	206,1715	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Habitación-Suite	522,0719444	939,7295	492,3575	FWB10JF 4 TUBOS	1385	821	1168	1
	Baño Suite	279,194838	502,5507084	354,2118109	FWB06JT 4 TUBOS	747	488	670	1
	Pasillo	450,3730556	203,1459	810,6715	FWB10JF 4 TUBOS	1385	821	1168	1
	Pasillo Escalera	455,6508333	212,6459	820,1715	FWB10JF 4 TUBOS	1385	821	1168	1
	Desván	183,3712868	330,0683162	280,3339678	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
ZONA 2	Habitación con acceso a	337,8287654	608,0917778	353,1122222	FWB10JF 4 TUBOS	1385	821	1168	1
	Habitación con acceso a	337,8287654	608,0917778	353,1122222	FWB10JF 4 TUBOS	1385	821	1168	1
	Desván	865,9262222	1558,6672	1023,872	FWB10BT 2 TUBOS	1200	1034	1878	1
ZONA 3	Cocina	209,8843333	282,843	377,7918	FWB06JT 2 TUBOS	747	340	630	1
	Habitación individual en la parte trasera	107,5810556	131,1715	193,6459	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Habitación individual en la parte trasera	107,5810556	131,1715	193,6459	FWB03JT 2 TUBOS	428	267	362	1
	Baño 1	38,61111111	69,5	9,5	FWB02JT 2 TUBOS	262	164	216	1
	Baño 2	43,88888889	79	19	FWB02JT 2 TUBOS	262	164	216	1
	Habitación Suite	704,8922222	642,31	1268,806	FWB10BT 2 TUBOS	1200	1034	1878	1
	Comedor	901,4489086	1622,608035	602,38089	FWB10BT 2 TUBOS	1200	1034	1878	1
	Desván	215,1621111	237,343	387,2918	FWB06JT 2 TUBOS	747	340	630	1
	Recibidor	456,8572222	822,343	387,2918	FWB10BT 2 TUBOS	1200	1034	1878	1
	Pasillo entre las dos habitaciones	324,3227778	583,781	135,4306	FWB06JT 4 TUBOS	747	488	670	1
	Habitación doble en la parte superior	452,7500799	432,6731322	814,95014	FWB10BT 2 TUBOS	1200	1034	1878	1

Tabla 29: fancoils elegidos para el cortijo. Elaboración propia.

En cuanto a los fancoils, el mayor condicionador han sido las potencias respectivas, es por ello que están sobredimensionados. En algunos casos, se ha hecho a propósito por si se añade alguna cama supletoria o hay algún huésped más del planeado.

4.3.2 EQUIPOS HIDRÁULICOS

Con los equipos necesarios en cada zona, necesitaremos dimensionar los equipos hidráulicos. El agua es utilizada para transformar las condiciones del aire tiempo previo a su expulsión. Para poder dimensionarlos es necesario conocer el modelo y características de cada equipo de tratamiento del aire, además de las condiciones necesarias en cuanto a caudal de agua se refiere y potencias tanto de calefacción como refrigeración. Todas estas medidas podemos conocerlas mirándolo en el catálogo de los equipos elegidos. En la siguiente tabla podemos encontrar las características de los equipos de tratamiento de agua escogidos. Han sido escogidos en un catálogo de equipos de tratamiento de agua³⁰.

Zona	Caudal agua [m3/h]	Potencia calefacción [W]	Potencia refrigeración [W]	Modelo	Caudal agua [m3/h]	Potencia calefacción [W]	Potencia refrigeración [W]
Zona 1- UTA	21,6	125,58	176,08	VLH-704	30,7	174	199,2
Zona 2- Primer y segundo piso	9,733	6614	4626	VLH-704	30,7	174	199,2
Zona 3- Primera dependencia	5,094	4214	2676				
Zona 4- Segunda dependencia	12,032	10598	6166				

Tabla 30: Condiciones y características de los equipos hidráulicos. Elaboración propia

Se ha elegido un mismo modelo para todos los fancoils, en lo que estarán conectados entre las dos dependencias. Se ha optado por esta medida por la siguiente razón:

- Los equipos de tratamiento de agua hacen mucho ruido, es por ello que se ha separado de ambas dependencias y del edificio principal y estarán conectados con sus respectivos edificios mediante tuberías subterráneas hasta llegar al edificio.

³⁰ Bombashasa (2023)

En el próximo gráfico se muestra la ubicación de donde se instalarán los equipos de agua. Se fabricarán dos casetas para su instalación y mejor conservación de estos, evitando oxidaciones y demás efectos posibles causados por condiciones climatológicas.



Ilustración 33: Ubicación de la instalación de los equipos de tratamiento de agua. Elaboración propia.

El equipo de tratamiento de agua se instalará donde se encuentra el cuadrado blanco mientras que el equipo de tratamiento de agua diseñado para el UTA se instalará en el recuadro rojo. Ambos se construirán dentro de una caseta para así poder aislar aun más el ruido generado por los equipos. En la caseta donde se instale el equipo de tratamiento de agua para UTA, también se encontrará el equipo de tratamiento de aire.

4.4 CONCLUSIONES DE LA CLIMATIZACIÓN DE LA FINCA

En primer lugar, para hacer un correcto dimensionamiento del cortijo, se establecieron las condiciones de confort deseadas en el interior de los 3 edificios. Más tarde, se calcularon todas las cargas que afectaban al dimensionamiento de los equipos de tratamiento del aire y del agua. Se consideraron los casos más desfavorables, tanto en invierno como en verano para un dimensionamiento óptimo y alcanzar así las condiciones de confort deseadas.

Se clasificó la finca por zonas, dividiéndolas entre dependencias y aquellas en las que se utilizaría un UTA, en el cual tienes una calefacción y refrigeración centralizada, y en las que se optaría por el uso de fancoils, con calefacción y refrigeración descentralizada y con posibilidad de amoldar al gusto de cada estancia.

En los siguientes capítulos, se tratará el diseño hidráulico del cortijo y sistema eléctrico necesario. En estos capítulos los equipos elegidos para el tratamiento del aire como para el tratamiento del agua tendrán un papel crucial.

5. CAPÍTULO V: DISEÑO DE SUMINISTROS Y EVACUACIÓN HIDRÁULICAS

Con el diseño del sistema de climatización acabado, procedemos a diseñar las redes de suministro hidráulico para el inmueble, ya que los olivos forman parte del cultivo de secano, por lo que no se instalará un sistema de riego. Estas redes son las encargadas de suministrar agua potable a los edificios habitables, además de recoger y evacuar los residuos que se puedan generar en ellos. Para proceder a diseñar estas redes nos basaremos tanto en el "Codice dell'Edilizia" o el "Decreto del Presidente della Repubblica"³¹ que son aquellos documentos que establecen las regulaciones o normativas para llevarlo a cabo.

5.1 PLANIFICACIÓN DE LAS REDES DE SUMINISTRO PARA EL INMUEBLE

Las redes de suministro hidráulicas son aquellas encargadas de proporcionar agua potable a la finca para su consumo. Esta agua potable proviene de la red general. A continuación, mostraremos los datos de caudal instantáneo que aparece en CEI³²:

³¹ 380 (2001)

³² "Codice dell'Edilizia" (2021)

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 31: Caudales instantáneos en función de uso. CEI (2021)

Ahora, es vital determinar cuánto caudal será el necesario para cada estancia de la finca.

En la siguiente tabla podremos encontrar un resumen:

Tipo de estancia	Aparato	Nº Aparatos	Caudal Instantaneo mínimo [l/s]	Caudal instantaneo mínimo total [l/s]
Cocina primera dependencia	Fregadero doméstico	1	0,2	0,35
	Lavavajillas doméstico	1	0,15	
Cocina edificio principal	Lavavajillas industrial	1	0,25	1,15
	Lavadora Industrial	1	0,6	
	Fregadero no doméstico	1	0,3	
Aseo planta baja edificio principal	Inodoro con cisterna	1	0,1	0,2
	Lavabo	1	0,1	
Aseo suite edificio principal	Lavabo	1	0,1	0,6
	Bañera de 1,40 o más	1	0,3	
	Inodoro con cisterna	1	0,1	
	Bidé	1	0,1	
Aseos edificio principal, primera dependencia y habitaciones con acceso a la piscina	Bidé	1	0,1	0,5
	Inodoro con cisterna	1	0,1	
	Ducha	1	0,2	
	Lavabo	1	0,1	
Piscina	Ducha	1	0,2	0,2

Tabla 32: Resumen con caudales mínimos instantáneos para las diferentes estancias. Elaboración propia.

Tipo de estancia	Nº Estancias	Caudal instantáneo mínimo de la finca [l/s]
Cocina primera dependencia	1	0,35
Cocina edificio principal	1	1,15
Aseo planta baja edificio principal	1	0,2
Aseo suite edificio principal	1	0,6
Aseos edificio principal, primera dependencia y habitaciones con acceso a la piscina	6	3
Piscina	1	0,2
		5,5

Tabla 33: Caudal instantáneo mínimo del cortijo. Elaboración propia

Como acabamos de ver en las tablas anteriores, el caudal a tener en cuenta en el inmueble, es decir, en los tres edificios, es un caudal instantáneo de agua fría total de 5,5 l/s. De estos 5,5 l/s se transmitirá el agua instantánea a los 3 edificios que forman el cortijo.

Pero a la hora de hacer la instalación, debemos tener en cuenta que no todos los equipos se utilizarán a la vez, así que basándonos en Servicios en obra civil³³ debemos calcular el caudal eficiente del edificio multiplicándolo por el coeficiente de simultaneidad el cual se calcula de la siguiente manera:

$$K = 1/\sqrt{(n - 1)} \text{ para cuando solo se transmite a un edificio.}$$

Ecuación 16: Coeficiente de simultaneidad para un solo edificio.

$$K = \frac{19+N}{10*(N+1)} \text{ para cuando se tiene transmite a más de una vivienda.}$$

Ecuación 17: Coeficiente de simultaneidad para múltiples viviendas.

³³ MF0642_3 (2012)

Donde:

- K es el coeficiente de simultaneidad
- n es el número de aparatos que requieren del caudal instantáneo
- N número de viviendas iguales.

Realmente tenemos dos formas diferentes de calcular nuestro caudal, la primera sería calcular el caudal más grande de los tres edificios y posteriormente suponer que son iguales. Así podríamos aplicar el segundo coeficiente planteado.

La segunda forma sería tratar al conjunto de los 3 inmuebles como si fuesen uno mismo y aplicar el primer coeficiente de simultaneidad.

En ambas hay que hacer suposiciones, en la primera suponer que son viviendas iguales y en la segunda suponer que es la misma, aun así, el caudal de cálculo queda parecido en ambas. Vamos a calcular ambas opciones y escogemos aquel caudal de cálculo más coherente.

El caudal máximo será el del edificio principal, que cuenta con un caudal de 2,35 l/s. Con la siguiente ecuación podemos calcular el caudal máximo para la bomba:

$$Q_{ia} = K * N * Q_{iv}$$

Ecuación 18: Caudal máximo del edificio principal.

Donde:

- Q_{ia} es el caudal máximo de cálculo para el conjunto de viviendas
- K es el coeficiente de simultaneidad
- N es el número de viviendas
- Q_{iv} es el caudal máximo de una vivienda individual.

En este caso el resultado es un caudal de cálculo de 3,8775 l/s.

Ahora, procedemos a calcular el caudal de cálculo de la segunda opción:

$$Q_{\text{cálculo}} = K * Q_{\text{instantáneo max. de la finca}}$$

Ecuación 19: Caudal de cálculo.

Donde:

- $Q_{\text{cálculo}}$ es el caudal de cálculo
- K es el coeficiente de instantaneidad
- $Q_{\text{instantáneo max de la finca}}$

En este caso el caudal de cálculo es de 1,66 l/s. Este segundo valor es más normal y se ajusta más a la realidad. Es normal, ya que de la otra forma estábamos suponiendo que el caudal máximo es de 2,35 por los 3 edificios que tiene el cortijo.

El caudal de cálculo que acabamos de calcular nos permite dimensionar las tuberías para todos los tramos. La red de tuberías partirá desde la red general que se dividirá primero en 3 ramas y luego en cada edificio se dividirá por el número de pisos que tengan.

Ahora podemos observar cómo es el caudal para cada tramo:

Edificio	Planta	Estancias	Puntos de consumo	Caudal de cálculo de estancia [l/s]	Caudal cálculo planta [l/s]
Edificio Principal	Baja	Baño	Inodoro con cisterna	0,19	1,34
			Lavabo		
		Cocina	Lavavajillas industrial	1,15	
			Lavadora Industrial		
		Fregadero no doméstico			
	Primera	Baño 1	Bidé	0,5	1,42
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
		Baño 2	Bidé	0,5	
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
		Baño Suite	Lavabo	0,42	
			Bañera de 1,40 o más		
Inodoro con cisterna					
Bidé					
Primera Dependencia	Baja	Cocina	Fregadero doméstico	0,35	1,35
			Lavavajillas doméstico		
		Baño 1	Bidé	0,5	
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
		Baño 2	Bidé	0,5	
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	Bidé	0,5	1,2
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
		Habitación con acceso a la piscina	Bidé	0,5	
			Inodoro con cisterna		
			Ducha		
			Lavabo		
		Piscina	Ducha	0,2	

Tabla 34: Caudales de cálculo de las diferentes estancias según los planos diseñados. Elaboración propia.

Para un adecuado diseño de las tuberías, la norma europea³⁴ especifica que la presión mínima que deben tener las tuberías es de 100Kpa y la presión máxima de 500Kpa. En caso de ser de 500Kpa, al ser un edificio con varios pisos en el que solo suben por un conducto, en tales casos, las válvulas reductoras de presión se instalan en los tubos ascendentes de zona o en las tuberías de derivación de la planta principal. Es por ello que fijaremos la presión de las tuberías en 100Kpa. Para el diseño también se tendrá en cuenta la pérdida de presión producida por los codos de tuberías. Se ha supuesto que la pérdida de

³⁴ EN 806-2 (2005)

cargas es de 200 Pa/m y el material de las tuberías será el acero. Para un correcto diseño y dimensionamiento de las tuberías, se ha utilizado conocimientos y principios de Mecánica de Fluidos³⁵.

Debemos tener en cuenta que entre los distintos puntos de consumo se encuentran distintas plantas. Las tuberías al subir de altura producen unas pérdidas de carga. Para salvar la diferencia y las pérdidas de carga que se producen es necesario que se instale una bomba a presión. Para calcular el parámetro de la presión de la bomba podemos utilizar la siguiente fórmula³⁶.

$$P_t = H_a + H_g + P_c + P_{min}$$

Ecuación 20: Presión total de la bomba

Donde:

- P_t es la presión de la bomba a utilizar
- H_a es la altura de aspiración, es decir, la altura a la que se recoge el agua.
- H_g es la altura geométrica, es decir, la altura máxima del edificio. En este caso de los edificios.
- P_c son las pérdidas de carga.
- P_{min} es la presión mínima.

La bomba se recoge a nivel de suelo, es por ello que podemos considerar la altura de aspiración nula. Se colocará la bomba en un punto intermedio entre los tres edificios tales que se pueda conectar perfectamente mediante tuberías. La altura geométrica corresponde al nivel más alto de los tres edificios, en este caso se tratará de la altura máxima del edificio principal, que es de 12 metros. Para estimar las pérdidas de carga, podemos estimar una presión de 85Kpa y, por último, la presión mínima ha sido predefinida por 100Kpa. Con todos estos datos, la presión de la bomba a tener en cuenta es de 30.88 m.c.a.

³⁵ Frank M White (1988)

³⁶ EN 806.2 (2005)

Además, la normativa ³⁷ nos recomienda un volumen mínimo según el tipo de edificios que se trate.

Table 6 — Recommended minimum storage of cold water for domestic purposes (hot and cold outlets)

Type of building or occupation	Minimum storage l
Hostel	90 per bed space
Hotel	200 per bed space
Office premises: with canteen facilities	45 per employee
without canteen facilities	40 per employee
Restaurant	7 per meal
Day school: Nursery or primary	15 per pupil
Secondary or technical	20 per pupil
Boarding school	90 per pupil
Children's home or residential nursery	135 per bed space
Nurse's home	120 per bed space
Nursing or convalescent home	135 per bed space

Tabla 35: Volumen de depósito recomendado. Fuente: EN 806-2 2005

En este caso se trata de una casa, por lo que escogeremos 120l multiplicado por el número equivalente a camas individuales. El volumen recomendado será de 1920 litros.

A continuación, procedemos a escoger una bomba a presión utilizando el catálogo de equipos de presión. Se ha elegido la bomba con las siguientes características: '

Altura máxima edificio	Caudal [l/s]	Modelo	Tipo de Bomba	Volumen depósito [L]		Potencia [KW]
				Membrana	Galvanizado	
15	2,33	GS-305 T	HIT-305. BITURBINA	500-700	1500-2000	2,2

Tabla 36: Características bomba escogida. Elaboración propia.

Para asegurarnos de que la bomba es la correcta, se utilizará el software EPANET 2.0, en el que se dibujará la instalación hidráulica en el programa y se contrastarán los caudales de la bomba e instalación para asegurarnos de que la presión es siempre superior a la mínima.

³⁷ EN 806-2 (2005)

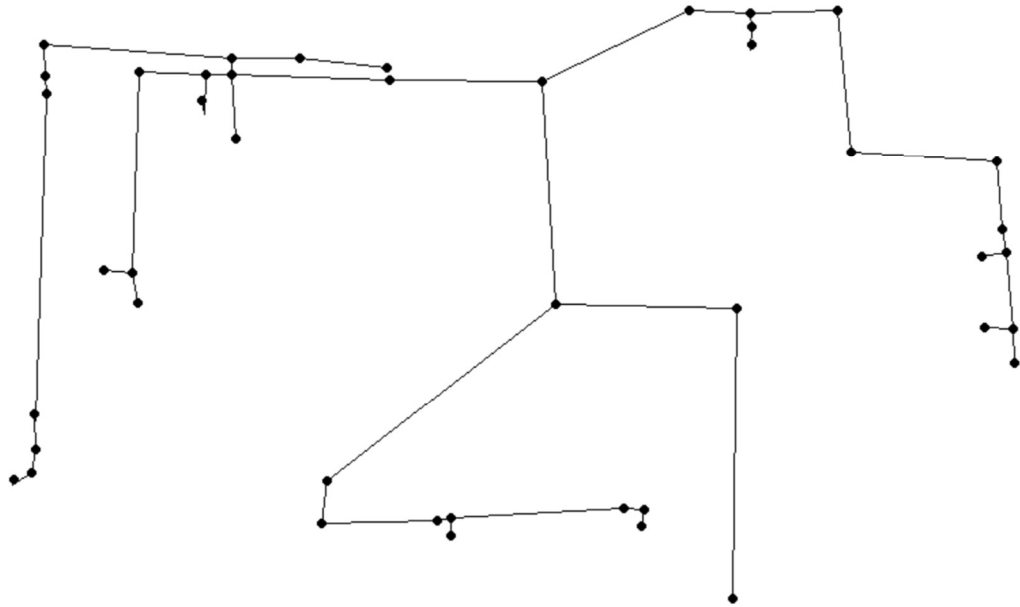


Ilustración 34: Instalación hidráulica en EPANET 2.0. Elaboración propia.

Edificio	Planta	Estancias	Puntos de consumo	Presión [kPa]
Edificio Principal	Baja	Baño	Inodoro con cisterna	201,4
			Lavabo	201,4
		Cocina	Lavavajillas industrial	201,4
			Lavadora Industrial	201,35
	Primera	Baño 1	Fregadero no doméstico	201,35
			Bidé	158,56
			Inodoro con cisterna	158,56
			Ducha	156,67
		Baño 2	Lavabo	156,67
			Bidé	160,3
			Inodoro con cisterna	160,3
			Ducha	160,3
		Baño Suite	Lavabo	158,56
			Lavabo	165,67
			Bañera de 1,40 o más	165,67
			Inodoro con cisterna	165,67
Primera Dependencia	Baja	Cocina	Bidé	165,67
			Fregadero doméstico	201,3
		Baño 1	Lavavajillas doméstico	201,3
			Bidé	201,25
			Inodoro con cisterna	201,25
			Ducha	201,25
		Baño 2	Lavabo	201,25
			Bidé	201,15
			Inodoro con cisterna	201,15
			Ducha	201,15
Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	Lavabo	201,15
			Bidé	180,6
			Inodoro con cisterna	180,6
			Ducha	180,5
		Habitación con acceso a la piscina	Lavabo	180,5
			Bidé	180,5
			Inodoro con cisterna	178,5
			Ducha	178,5
		Piscina	Lavabo	178
			Ducha	160,67

Tabla 37: Resultados de la presión en cada tramo de la instalación. Elaboración propia.

5.2 DISEÑO DE LA RED DE AGUA CALIENTE SANITARIA

EL agua caliente sanitaria (ACS) es referido al suministro de agua caliente que se utiliza para satisfacer las necesidades tanto domésticas como higiénicas, es decir, ducharse con agua caliente, lavar la ropa, lavar los platos, etc. El agua caliente sanitaria es el agua caliente que utilizamos en nuestros hogares. Un diseño eficiente de la red ACS es fundamental para garantizar un suministro confiable de agua caliente en cualquier instalación.

Para calcular el cálculo de caudal de ACS existen varios métodos en Italia:

- Primer método:

En este método, se intentará estimar cuantos litros de agua caliente se gastará al día dependiendo del tipo de consumo. Además, también se hará una estimación de cuantas veces se utilizará ese tipo de consumo al día y así poder calcular cuantos litros de agua caliente se utilizará en el inmueble en toda la jornada.

Ejemplo:

$$\tau_p = 2h$$

	L per use	Number of fixtures (numero di sanitari)	Amount of water used at 40° [L]	Times of use during the reference peak period	Total volume per fixture [L]
Bath tub	100	0	0	1.00	0
Shower	60	2	120	1.00	120
Toilet sink	10	2	20	4.00	80
Bidet	8	2	16	2.00	32
Kitchen sink	15	1	15	1.00	15
TOTAL					247

Tabla 38: Ejemplo de un inmueble de litros usados por día por el primer método usado en Italia. Università Degli Studi Di Padova.

El número de L por uso dependerá del coeficiente ζ_p , el cual depende única y exclusivamente de la superficie que albergue el inmueble. Se rige por la siguiente tabla:

S_u [m ²]	τ_e [h]
50 - 90	1
90 - 120	1.5
> 120	2

Tabla 39: Relación superficie coeficiente.

- Segundo método: Este método es el método más simplificado ya que depende de la siguiente fórmula:

$$me = 1.9918 * Su + 70.823$$

Ecuación 21: Cálculo de caudal

Donde:

- Su es la superficie del inmueble.
- Tercer método. Este último método es el método que se utiliza para inmuebles residenciales en Italia. Consiste en calcular el volumen de agua por día, y se calcula de la siguiente manera:

$$Vw = a * Su + b$$

Ecuación 22: Cálculo de volumen de agua por día.

Donde:

- Vw es el caudal de agua de ACS [Litros/día]
- a y b son dos coeficientes que dependen de la superficie del inmueble.
Siendo las unidades de a [L/d*m²] y b [L/d]
- Su es la superficie del inmueble.

Para poder calcular los coeficientes a y b acudimos a la siguiente tabla:

Net surface [m ²]	Su ≤ 35	35 < Su < 50	50 < Su < 200	Su > 200
a	0	2.667	1.607	0
b	50	-43.33	36.67	250

Tabla 40: Tabla de coeficientes para calcular el caudal de agua por día. Según NTI³⁸

- El último método, es el método que tiene el standard italiano para calcular el volumen diario de agua, y es que en este caso no dependerá de la superficie, sino que, dependerá del número de camas que albergue el inmueble.

$$V_w = a * N_u$$

Ecuación 23: Volumen diario de agua

Donde:

- V_w es el caudal de agua por día [L/d]
- a es un parámetro en [L/d*Nu]
- N_u es un parámetro que depende del usuario.

User/activity	a	N_u
Residences and B&B	40	Per bed
Hotels *, **, ***	60	Per bed
Hotels **** & *****	80	Per bed
Hospitals (night)	80	Per bed
Day hospital	15	Per bed
Sport hall	50	Per shower
School	0.2	Per child
Kindergarden	8	Per child
Offices	0.2	Net floor area

Tabla 41: Tabla de coeficientes según el inmueble. Según EN 806 series

Además, para calcular la energía para cubrir el agua domestica de la casa se puede calcular con la siguiente ecuación:

³⁸ Normativa Tecnica Italiana. (2023)

$$Q_w = \rho_w \times c_w \times \sum_i [V_{w,i} \times (\theta_{er,i} - \theta_0)] \times G \text{ [kWh]}$$

Annotations: kWh/(kg K) points to c_w ; m³/day points to $V_{w,i}$; N. days points to G .

Ecuación 24: Energía necesaria para calentar el inmueble.

Donde:

- ρ_w es la densidad del agua (1000 kg/m³)
- c_w es el calor específico del agua 1.162 * 10⁻³ [kWh/(kg K)]
- $V_{w,i}$ volumen diario de agua para la i-ésima actividad o servicio requerido [m³/d]
- $\theta_{er,i}$ temperatura de suministro de agua para la i-ésima actividad o servicio requerido [°C]
- θ_0 temperatura de suministro de agua fría [°C]
- G es el número de días considerados en el cálculo [d]

Si medimos cuantos litros de agua caliente gasta cada artilugio cada 2 horas. Este último dato lo hemos obtenido de la tabla 34.

	Litros de agua caliente a 40°C por uso	Veces utilizadas en Zp	Nº De componentes	Volumen total
Fregadero doméstico	15	1	1	15
Lavavajillas doméstico	8	1	1	8
Lavavajillas industrial	15	1	1	15
Lavadora Industrial	15	1	1	15
Fregadero no doméstico	20	1	1	20
Inodoro con cisterna	10	4	8	320
Lavabo	10	4	8	320
Bañera de 1,40 o más	100	1	1	100
Bidé	8	4	7	224
Ducha	60	2	7	840
TOTAL				1877

Tabla 42: Tabla de consumo de agua caliente por punto de consumo. Elaboración propia.

En total, tendremos un volumen de agua de 1877 litros. A su vez podemos calcular el caudal con el segundo método, en el cual se calcula un caudal de 1800 kg/h que son 1,8 l/s de caudal de cálculo. El diseño de la red de tuberías de ACS será idéntico al que se ha diseñado para el agua fría. La única diferencia que habrá entre estos dos será que en algunos puntos de consumo solo serán para agua fría y, por ende, se eliminarán esos puntos

de consumo del sistema de ACS. La red del agua caliente sanitaria tendrá que pasar por un calentador anteriormente por el cual se calienta el agua a 40°C.

5.3 DISEÑO DE LA RED DE SANEAMIENTO

La red de saneamiento está compuesta por un sistema de tuberías el cual su finalidad es recoger y eliminar, siempre de una manera segura, las aguas residuales y pluviales generadas en el edificio. Esta red fue diseñada para garantizar una mayor eficiencia a la hora de utilizar el agua. Las aguas residuales pueden provenir de muchas estancias, como baños, cocinas, etc. Sin embargo, las aguas pluviales son las que se recogen, como su nombre indica, de la lluvia.

Para un correcto diseño de la red de aguas residuales nos basaremos en la norma³⁹. Esta norma trata los sistemas de residuos accionados por gravedad en el interior de edificios – Plantas de aguas residuales, diseño y cálculo. Esta norma indica los criterios a la hora de dimensionar los caudales y tuberías, así como los ramales de descarga.

Primero, calcularemos el caudal total que pasa por estas tuberías, con la siguiente ecuación:

$$Q_w = K * \sqrt{DU}$$

Ecuación 25: Caudal de aguas residuales.

Donde:

- Q_w es el caudal de aguas residuales (l/s)
- K es el coeficiente de frecuencia, el cual será determinado mediante una tabla que nos aporta la normativa UNI EN 12056-2.
- DU es la suma de unidades de descarga.

³⁹ UNI EN 12056-2 (2012)

En primer lugar, calcularemos la suma de unidades de descarga. Para poder calcular las unidades de descarga tenemos que mirar la siguiente tabla de unidades de drenaje⁴⁰:

Apparecchio sanitario	Sistema 1 DU l/s
Lavabo, bidè	0,5
Doccia senza tappo	0,6
Doccia con tappo	0,8
Orinatoio con cassetta	0,8
Orinatoio con valcola di cacciata	0,5
Orinatoio a parete	0,2*
Vasca da bagno	0,8
Lavello da cucina	0,8
Lavastiviglie (domestica)	0,8
Lavatrice carico max. 6 kg	0,8
Lavatrice carico max. 12 kg	1,5
WC, capacità di cassetta 4,0 l	**
WC, capacità di cassetta 6,0 l	2,0
WC, capacità di cassetta 7,5 l	2,0
WC, capacità di cassetta 9,0 l	2,5
Pozzetto a terra DN 50	0,8
Pozzetto a terra DN 70	1,5
Pozzetto a terra DN 100	2,0

* Per persona.
** Non ammesso.

Tabla 43: Unidad de drenaje (DU) para sistemas. Según UNI EN 12056-2.

Con el sumatorio de unidades de drenaje ya calculado, podemos calcular el coeficiente de frecuencia o simultaneidad. Este coeficiente es adquirido de la siguiente tabla que nos proporciona UNI EN 12056-2:

⁴⁰ UNI EN 12056-2 (2012)

Utilizzo degli apparecchi	Coefficiente K
Uso intermittente, per esempio in abitazioni, locande, uffici	0,5
Uso frequente, per esempio in ospedali, scuole, ristoranti, alberghi	0,7
Uso molto frequente, per esempio in bagni e/o docce pubbliche	1,0
Uso speciale, per esempio laboratori	1,2

Tabla 44: Coeficiente de frecuencia tipo (K). Según UNI EN 12056-2.

Aparatos sanitarios	ΣDU [l/s]	K	Caudal de aguas residuales [l/s]
Fregadero doméstico	0,8	0,5	0,447213595
Lavavajillas doméstico	0,8	0,5	0,447213595
Lavavajillas industrial	0,8	0,5	0,447213595
Lavadora Industrial	1,5	0,5	0,612372436
Fregadero no doméstico	0,8	0,5	0,447213595
Inodoro con cisterna	0,8	0,7	0,626099034
Lavabo	0,5	0,7	0,494974747
Bañera de 1,40 o más	0,8	0,7	0,626099034
Bidé	0,5	0,7	0,494974747
Ducha	0,8	0,7	0,626099034
TOTAL			5,269473412

Tabla 45: Caudal total de aguas residuales. Elaboración propia.

Con el fin de encontrar el DN (Diámetro nominal) de la tubería en función del caudal calculado, observamos la Tabla 5 de la norma UNI EN 12056-2, la cual trata caudales máximos y DN de los ramales. Cabe tener en cuenta que el diámetro nominal mínimo estipulado⁴¹ es de 19 mm.

⁴¹ EN 806-2 (2005)

Q_{max} l/s	Sistema 1 DN
0,40	*
0,50	40
0,80	50
1,00	63
1,50	75
2,25	100***
2,50	110

* Non ammesso.
** Senza WC.
*** Massimo due WC e cambiamenti di direzione per un totale massimo di 90°.

Tabla 41: Tabla de caudales máximos y DN de los ramales. Según UNI EN 12056-2.

Edificio	Planta	Estancias	Puntos de consumo	Du [l/s]	Coef. Frecuencia	Caudal de aguas residuales [l/s]	Sistema DN [mm]	Diametro ramal planta [mm]	Diametro de la bajante [mm]
Edificio Principal	Baja	Baño	Inodoro con cisterna	2	1	1,58113883	100	100	200
			Lavabo	0,5					
		Cocina	Lavavajillas industrial	1	0,5	0,908295106	63		
			Lavadora Industrial	1,5					
	Primera	Baño 1	Fregadero no doméstico	0,8	1	1,949358869	100		
			Bidé	0,5					
			Inodoro con cisterna	2					
			Ducha	0,8					
		Baño 2	Lavabo	0,5	1	1,949358869	100		
			Bidé	0,5					
			Inodoro con cisterna	2					
			Ducha	0,8					
		Baño Suite	Lavabo	0,5	1	1,949358869	100		
			Bañera de 1,40 o más	0,8					
			Inodoro con cisterna	2					
			Bidé	0,5					
Primera Dependencia	Baja	Cocina	Fregadero doméstico	0,8	0,5	0,948683298	63		
			Lavavajillas doméstico	0,8					
			Bidé	0,5					
		Baño 1	Inodoro con cisterna	2	1	1,949358869	100		
			Ducha	0,8					
			Lavabo	0,5					
		Baño 2	Bidé	0,5	1	1,949358869	100		
			Inodoro con cisterna	2					
			Ducha	0,8					
Segunda Dependencia	Baja	Habitación con acceso a la piscina	Lavabo	0,5	0,5	0,974679434	63		
			Bidé	0,5					
			Inodoro con cisterna	2					
			Ducha	0,8					
			Lavabo	0,5					
		Habitación con acceso a la piscina	Bidé	0,5	0,5	0,974679434	63		
			Inodoro con cisterna	2					
			Ducha	0,8					
		Piscina	Lavabo	0,5	1	0,894427191	63		
			Ducha	0,8					

Tabla 46: Cálculo de diámetro nominal. Elaboración propia.

Como hemos podido observar, la red de alcantarillado tendría un diámetro de 100 mm. En algunos edificios, tienen varias plantas, lo que estipula la normativa europea⁴² EN 806-2 es que cuando se sube de piso la tubería debe ser aproximadamente de 2% de pendiente.

En segundo lugar, vamos a dimensionar las columnas de drenaje. La columna de drenaje es conocido como regulador manómetro de agua y su objetivo es liberar la cavidad pleural. Recolecta el agua de precipitaciones pluviales y permite que se recolecte el vertido de estas precipitaciones con el fin de evitar daños.

La norma UNI EN 12056-2 define la capacidad de descarga de la columna de drenaje en función del diámetro externo del alcantarillado. Define varios casos en función de la ventilación de las tuberías. En nuestro caso, dotamos de la ventilación más sencilla ya que el edificio no tiene un desarrollo vertical muy elevado y se define como ventilación primaria.

La configuración del sistema de la ventilación primaria tendría un esquema tal que así:

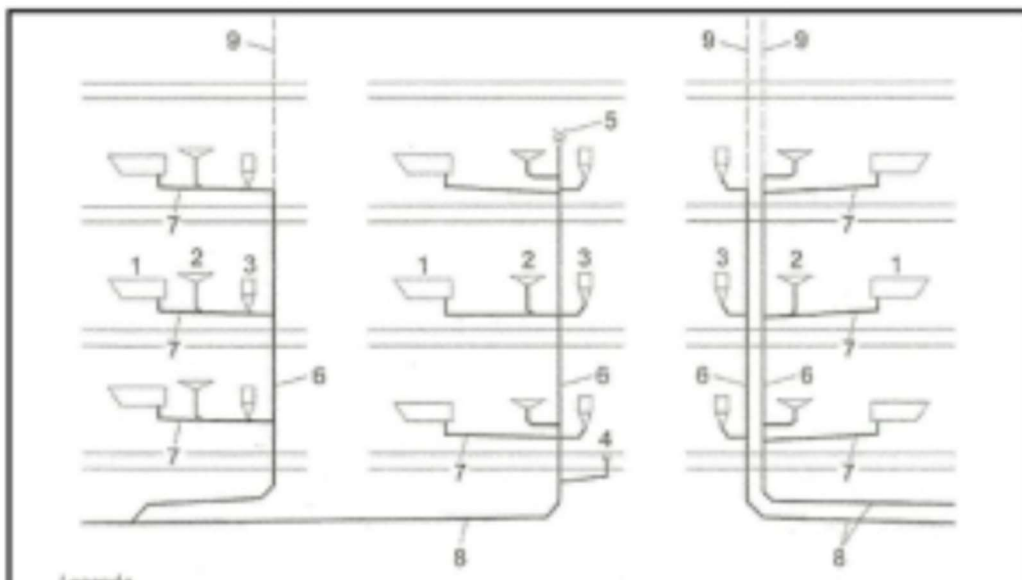


Tabla 47: Configuración del sistema con ventilación primaria. Según UNI EN 12056-2.

⁴² EN 806-2 (2005)

A continuación, calcularemos la capacidad hidráulica ($Q_{\text{Máx.}}$) y su diámetro nominal (DN/OD). Haremos uso de la tabla 9 proporcionada por UNI EN 12056-2.

Colonna di scarico e sfogo	Sistema 1 Q_{max} (l/s)	
	Braga a squadra	Braga ad angolo
63	0,5	0,7
75	1,5	2,0
100	2,7	3,5
125	4,0	5,2
150	5,8	7,6
175	9,5	12,4
200	16,0	21,0

* Dimensione minima quando i WC sono raccordati secondo i sistemi L, R, RL.

Tabla 48: Capacidad hidráulica (Q_{max}) y diámetro nominal (DN/OD). Según UNI EN 12056-2.

La bajante al tener un diámetro de 200 mm, para elegir el caudal nos fijamos en “Braga ad angolo” y podemos ver que el Q_{max} (l/s) es de 21 l/s, el cual cumple sobradamente y no hace falta que instalemos una tubería secundaria.

Por último, dimensionaremos el colector de desagüe. Su definición, según la RAE, es un colector subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas. Es decir, es un colector de aguas residuales, el cual más tarde lo lleva a un colector más grande que es una estación depuradora de aguas residuales. En esa estación se comenzará su tratamiento o vertidas a un medio natural.

Estos colectores se instalan visibles en el interior del recinto o subterráneos. Se debe garantizar que velocidades 0,5 m/s, ya que estas aguas conllevan posibles residuos y se pueden provocar atascos.

La norma UNI EN 12056-2 indica que para el diseño de estos colectores se debe utilizar la fórmula Colebrook-White.

En la siguiente tabla podemos encontrar una serie de valores calculados, teniendo en cuenta una rugosidad con un valor prudente de $k_b=1\text{mm}$.

Tab. 12 Pendenze dei collettori in funzione di: DN/OD, capacità massima (Q_{max}) del collettore e velocità (V) del reflui (i risultati corrispondono ad un valore prudenziale di scabrezza $k_b=1\text{mm}$ e un grado di riempimento $h/d=0,7$)

Pendenza	DN/OD 110		DN/OD 125		DN/OD 160		DN/OD 200	
i	Q_{max}	V	Q_{max}	V	Q_{max}	V	Q_{max}	V
cm/m	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s	l/s	m/s
0,50	2,9	0,5	4,8	0,6	9,0	0,7	16,7	0,8
1,00	4,2	0,8	6,8	0,9	12,8	1,0	23,7	1,2
1,50	5,1	1,0	8,3	1,1	15,7	1,3	29,1	1,5
2,00	5,9	1,1	9,6	1,2	18,2	1,5	33,6	1,7
2,50	6,7	1,2	10,8	1,4	20,3	1,6	37,6	1,9
3,00	7,3	1,3	11,8	1,5	22,3	1,8	41,2	2,1
3,50	7,9	1,5	12,8	1,6	24,1	1,9	44,5	2,2
4,00	8,4	1,6	13,7	1,8	25,8	2,1	47,6	2,4
4,50	8,9	1,7	14,5	1,9	27,3	2,2	50,5	2,5
5,00	9,4	1,7	15,3	2,0	28,8	2,3	53,3	2,7

Tabla 49: Pendientes de los colectores según: DN/OD, capacidad máxima (Q_{max}) del colector y velocidad (V) del agua residual. Según UNI EN 12056-2.

Como podemos ver en la tabla anterior, según la pendiente (en cm/m) obtendremos el valor del caudal máximo y de la velocidad. Como se había comentado anteriormente, la pendiente diseñada es de un 2%, es decir, de 2 cm/m. En este caso si acudimos a la tabla, podemos ver que nuestro caudal máximo (Q_{max}) es de 33,6 l/s y una velocidad de 1,7 m/s.

5.4 CONCLUSIONES DE DISEÑO DE LA RED HIDRÁULICA

En conclusión, en este capítulo, se ha diseñado la red de suministro de agua, calculando los caudales instantáneos y caudales de cálculo necesarios. Primero, se calculó la instalación hidráulica del agua fría, en la que se diseñó la red calculando su caudal y más tarde dimensionando la bomba en función del volumen mínimo que debe guardar y el caudal que debe aportar al inmueble.

Posteriormente, se diseñó la red de saneamiento, en la que se aporta el agua caliente al cortijo. Los diámetros de las tuberías tanto de alcantarillado y bajante se calcularon siguiendo la normativa italiana UNI EN 12056-2 y apoyándonos ligeramente en la normativa europea EN 806-2.

Por último, se dimensionaron las columnas de drenaje siguiendo la normativa italiana UNI EN 12056-2 y también el colector de desagüe siguiendo la misma norma. En los siguientes capítulos, se realizará el diseño del sistema eléctrico y posteriormente la viabilidad de implantación de placas fotovoltaicas.

6. CAPÍTULO VI: DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA

Con los diseños de climatización y redes de suministro hidráulico completados, podemos empezar con el diseño de la red eléctrica. Primero, estimaremos la potencia eléctrica que va a necesitar el edificio, más tarde calcularemos la línea general de alimentación y por último nos aseguraremos de su seguridad. La normativa en la que nos ayudamos para realizar el diseño es en CEI 64-8⁴³ y en IEC⁴⁴.

6.1 PREVISIÓN DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS

En el CEI y el IEC establecen una previsión de cargas eléctricas para redes de baja tensión. Esta previsión la haremos teniendo en cuenta las diferentes cargas que tiene el inmueble. En primer lugar, se tiene en cuenta las cargas por iluminación y la carga por equipos de climatización. Además, se debe tener en cuenta la almazara instalada y la carga generada por los equipos instalados que puede haber en diferentes estancias, como lavavajillas, nevera, televisión, etc.

Además, se instalará un alumbrado de fluorescencia en la entrada de los diferentes edificios de los que consta el cortijo. Para instalar el alumbrado, consideraremos un alumbrado de fluorescencia y tendremos una previsión de carga de 8W/m² en las entradas de los 3 edificios. Si consideramos aproximadamente 6 metros cuadrado de alumbrado en cada portal, obtenemos una carga de 144 W.

⁴³ Comitato Elettrotecnico Italiano (2007)

⁴⁴ International Electrotechnical Commission (2010)

	Incandescencia	Fluorescencia
Alumbrado del portal y otros espacios comunes	15 W/m ²	8 W/m ²
Alumbrado de la caja de escalera	7 W/m ²	4 W/m ²

Tabla 50: Cargas de alumbrado en el portal. Según PLC Madrid (2019)

Además, se tendrá en cuenta el alumbrado de las escaleras de la piscina. La cual se alumbrará también con fluorescencia. Según hemos visto en la tabla 54, consideramos 4 W/m², así que la carga total será de 60 W.

También se alumbrará la piscina en su interior, en la cual se instalarán 6 focos empotrados. Estos focos han sido escogidos del catálogo de focos⁴⁵.

Potencia [W]	Tipo de iluminación	Tipo de instalación
10	Led	Empotrado

Tabla 51: Características de los focos de la piscina. Elaboración propia.

La potencia total será de 60 W. La previsión de carga de la almazara será la suma de las 3 máquinas, ya que el embotellado funciona con aire comprimido y su potencia es casi nula.

Máquina	Potencia [KW]
Lavador	0,75
Planta de elaboración de aceite continuo	3
Recolector	0,55

Tabla 52: Potencia consumida por la almazara. Elaboración propia.

Podemos observar, que el total de la carga será de 4.3 KW.

En la tabla 57, se expondrán las previsiones de cargas reales de todas las estancias:

⁴⁵ Leroy Merlin (2023)

Edificio	Planta	Estancias	Carga de iluminación [W]	Carga por equipos [W]	Carga por equipos de climatización [W]	Carga total [W]
Edificio Principal	Baja	Comedor-Salon	66,5	0	0	66,5
		Salon	85,5	300	0	385,5
		Baño	19	0	0	19
		Cocina	47,5	13180	0	13227,5
		Comedor-Cocina	47,5	0	0	47,5
		Pasillo	28,5	0	0	28,5
		Recibidor	47,5	0	0	47,5
	Primera	Habitación doble en la parte derecha	47,5	0	90	137,5
		Baño 1	19	0	55	74
		Habitación individual en la	28,5	0	55	83,5
		Habitación individual en la	28,5	0	55	83,5
		Baño 3	19	0	55	74
		Habitación-Suite	66,5	0	170	236,5
		Baño Suite	66,5	0	88	154,5
		Pasillo	28,5	0	170	198,5
		Balcon	28,5	0	0	28,5
		Pasillo Escalera	38	0	170	208
	Segunda	Desván	38	0	55	93

Primera Dependencia	Baja	Cocina	28,5	11450	90	11568,5	
		Habitación individual en la	19	0	55	74	
		Habitación individual en la	19	0	55	74	
		Baño 1	9,5	0	35	44,5	
		Baño 2	19	0	35	54	
		Habitación Suite	104,5	300	294	698,5	
		Comedor	66,5	0	294	360,5	
		Balcon	123,5	0	0	123,5	
		Desván	38	0	90	128	
		Recibidor	38	0	294	332	
		Pasillo entre las dos habitaciones	19	0	88	107	
Segunda Dependencia	Primera	Habitación doble en la parte	47,5	0	294	341,5	
		Baja	Habitación con acceso a la piscina	47,5	0	170	217,5
			Habitación con acceso a la piscina	47,5	0	170	217,5
	Desván		161,5	4300	294	4755,5	
Climatización		-	-	-	118200	118200	
Iluminación exteriores	Portales	144	-	-	-	144	
	Piscina	60	-	-	-	60	
	Escaleras	60	-	-	-	60	
TOTAL						152754	

Tabla 53: Previsión de cargas reales del cortijo. Elaboración propia.

6.2 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

A continuación, se realizará el cálculo de la LGA (Línea general de Alimentación), esta la vamos a calcular con la ayuda de IEC⁴⁶ y CEI⁴⁷. Para realizar el cálculo de la línea general tenemos dos opciones, utilizando la caída de tensión en función al tipo de esquema y donde está situado la caja de contadores y utilizando la corriente máxima admisible.

Si tenemos en cuenta la previsión real de cargas que se ha calculado en el apartado anterior, podemos calcular de una manera sencilla la intensidad trifásica de la LGA. En cuanto al factor de potencia, es una medida de rendimiento de nuestra instalación. Este indicador mide el aprovechamiento de energía. Un factor de potencia bajo puede causar sobrecalentamiento de los conductores, sobrecargas en líneas de distribución, grandes caídas de tensión y un aumento en la factura de consumo eléctrico⁴⁸. En Italia, se ha establecido un valor mínimo de 95% (0,95) según CEI, así que supondremos el valor mínimo. Al tratarse de una red trifásica, la tensión sería de 400V.

La intensidad de la línea general de alimentación podemos calcularla aplicando conocimientos básicos de electrotecnia⁴⁹.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * FP}$$

Ecuación 26: Intensidad de la línea general de alimentación.

Donde:

- I es la intensidad de LGA
- P es la potencia requerida por la vivienda (152754 W)
- U es la tensión trifásica (400V)
- FP es el factor de potencia (0,95)

⁴⁶ 60287 (2010)

⁴⁷ 64-8 (2007)

⁴⁸ Risoul.com (2023)

⁴⁹ Ramón Guerrero Pérez (2017)

A raíz de esta ecuación, se haya el valor de la intensidad, que es de 232 A.

LGA	Potencia [W]	Tensión[V]	Factor de Potencia	Intensidad [A]
	152754	400	0,95	232

Tabla 54: Características de la LGA. Elaboración propia.

Según el CEI 64-8/5 se establece una sección mínima que debe tener en función del material utilizado, del circuito que se esté tratando y el tipo de conductor. En nuestro caso, los conductores estarán formados por cobre, y los serán conductores bajo canalización. El circuito que estamos tratando es el eléctrico.

Tabella 52E - Sezioni minime dei conduttori

Tipo di conduttura		Uso del circuito	Conduttore	
			Materiale	Sezione (mm ²)
Condutture fisse	Cavi	Circuiti di potenza	Cu Al	1,5 16 (Nota 1)
		Circuiti di segnalazione e circuiti ausiliari di comando	Cu	0,5 (Nota 2)
	Conduttori nudi	Circuiti di potenza	Cu Al	10 16 (Nota 4)
		Circuiti di segnalazione e circuiti ausiliari di comando	Cu	4 (Nota 4)
Condutture mobili con cavi flessibili		Per un apparecchio utilizzatore specifico	Cu	Come specificato nella corrispondente Norma CEI
		Per qualsiasi altra applicazione		0,75 (Nota 3)
		Circuiti a bassissima tensione per applicazioni speciali		0,75

Tabla 55: Sección mínima de los conductores. Según CEI.

En nuestro caso la sección mínima sería de 1,5 mm².

Además, otra tabla del CEI establece la intensidad máxima admisible de un conductor dependiendo de la sección que se trate. Esta tabla también corresponde CEI 64-8/5.

Sección nominal (mm ²)	Intensidades admisibles S/CEI (A)				Intensidades admisibles S/REBT (A)			
	Caso				Caso			
	1	2	3	4	5	6	7	8
0,196	2,5	2,7	2	2,2	-	-	-	-
0,283	3,5	3,8	3	3,3	-	-	-	-
0,5	6	6,5	5	5,5	-	-	5,5	6,1
0,75	9	10	7,5	8,5	-	-	7,3	8,0
1	12	13,5	10	11,5	-	-	9,1	11,6
1,5	15,5	17,5	13	15	14,5	18	12	15,0
2,5	21	24	18	20	20	24	17	21,0
4	28	32	24	27	27	33	23	28,0
6	36	41	31	34	34	42	29	35,0
10	50	57	43	48	48	59	42	49,0
16	68	76	58	65	64	79	54	66,0
25	89	101	76	86	86	107	72	87,0
35	111	125	94	106	103	128	88	107,0
50	134	151	114	128	130	162	104	128,0
70	171	192	145	163	166	207	122	146,0
95	207	232	176	197	210	263	147	177,0
120	239	269	203	228	246	308	-	-
150	275	309	234	262	282	350	-	-
185	314	353	267	300	327	408	-	-
240	369	415	314	353	390	487	-	-

Tabla 56: Intensidad máxima admisible en el conductor de cobre. Según CEI y REBT.

El caso 1 se trata de conductores baja canalización, es decir, nuestro caso. La sección nominal que escoger es de 120 mm². Pero para cumplir con la intensidad de seguridad, se tendrá en cuenta la siguiente corriente, es decir, una corriente de 275A lo cual es una sección nominal de 150 mm².

Debemos confirmar la sección calculada utilizando el método de caída de tensión. Comprobaremos que la caída de tensión de esta sección es menor que la permitida. Para utilizar este método primero definimos que tipo de instalación tendremos, en nuestro caso será tipo B1. Esto quiere decir que tiene una centralización en los contadores, solo hay un contador en la vivienda. Además, este tipo por normativa REBT, tiene una caída de tensión permitida de 5%.

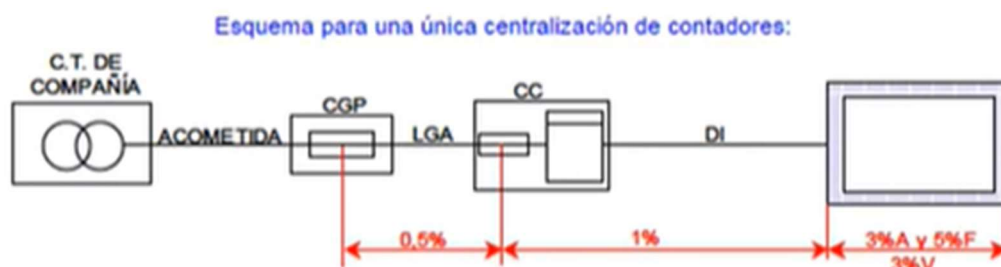


Ilustración 35: Tipo de instalación del inmueble. Universidad Politécnica de Valencia.

Ahora comprobamos que, mediante cálculos de Electrotecnia, la caída de tensión sea menor que 5%. Calcularemos la caída de tensión con la siguiente fórmula:

$$\Delta U = \frac{FP * I * L * \sqrt{3}}{S * C}$$

Ecuación 27: Caída de tensión de la línea general de alimentación.

Donde:

- ΔU es la caída de tensión.
- FP es el factor de potencia (0,95)
- L es la longitud de la Línea General de Alimentación (30 metros)
- S es la sección escogida (150 mm²)
- C es la conductividad del cobre (48 m/Ωmm² a 70°C)

La caída de tensión correspondiente es de 0,20%, por lo que cumple con la normativa y la LGA tiene una sección de 150 mm².

6.3 SEGURIDAD

El sistema eléctrico puede ser terriblemente peligroso si no se toman las acciones correspondientes. Es por ello que los manuales de diseño de red eléctricas en su gran mayoría tratan la seguridad de estas redes. Se tienen que seguir algunos criterios de seguridad como interruptores automáticos y puestas a tierra.

6.3.1 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

Los dispositivos de seguridad o protección actúan cuando se produce una sobrecarga, cortocircuito o descarga eléctrica, estos están regulados por IEC 60335-1/2. En general, es recomendable aplicar un Interruptor general de alimentación distinto para cada edificio, por lo que se instalarán tres IGA, uno para el edificio principal y uno para cada dependencia. Todos los IGA estarán colocados a la altura de la LGA.

Para actuar contra las sobreintensidades, podemos elegir entre varios tipos de interruptores. Para saber qué equipo es el ideal, debemos saber cuál es el poder de corte de cada uno y asegurarnos que sea mayor que la intensidad de cortocircuito máxima. Según IEC 60898-1 (2006), la capacidad de cortocircuito asignada no debe ser superior a 45000 A.

En primer lugar, debemos calcular la corriente de cortocircuito, que nuevamente aplicando conocimientos de electrotecnia podemos obtener la fórmula.

$$I_{cc} = \frac{V_{cc}}{R}$$

Ecuación 28: Corriente de cortocircuito

La tensión, al inicio no actuará en su máxima expresión, si no que actuará en un 90% si la sección es de 120 mm², un 85 % si la sección es de 150 mm², un 80% si la sección es de 185 mm² y un 75% si la sección es de 240 mm² ⁵⁰, por lo que se multiplicará por 0,85. Además, debemos escoger el caso más desfavorable, en este caso será fase-neutro, lo que significa que la tensión que se utiliza será 230 V en vez de 400 V.

Para calcular la impedancia R, supondremos que será la suma de todas las resistencias que podemos encontrar, según CEI 64-8 se multiplicará por 1,5. Por lo tanto, la impedancia será:

⁵⁰ CEI 64-8 (2007)

$$R = 1,5 * \rho * \frac{L}{S}$$

Ecuación 29: Impedancia de cortocircuito.

Donde:

- ρ es la resistividad del cobre a temperatura ambiente, supondremos 20º
- L es la longitud en la que podemos encontrar las resistencias a sumar (será la misma que LGA)
- S es la sección en mm²

Obtenemos un valor de corriente máxima de cortocircuito de 24.500 A.

En cuanto a las protecciones contra la sobrecarga, deben preverse dispositivo de protección para interrumpir las corrientes de sobrecarga de los conductores del circuito antes de que estas corrientes puedan causar un calentamiento prejudicial(*CEI). Las características de funcionamiento de un dispositivo de conductos contra sobrecargas deben cumplir las dos condiciones siguientes según CEI⁵¹ :

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

Ecuación 30: Corriente de uso del circuito, nominal y admisible del cable.

$$I_r \leq 1,45 * I_z$$

Ecuación 31: Corriente que garantiza el funcionamiento.

Donde:

- I_b es la corriente de uso del circuito
- I_n es la corriente nominal del dispositivo de protecciones
- I_z es la corriente admisible del cable
- I_r es la corriente que garantiza el funcionamiento eficaz del dispositivo de protección.

⁵¹ 64-8 (2007)

Se ha decidido utilizar un interruptor general de alimentación magnetotérmico con el fin de que pueda proteger de las sobrecargas y de los cortocircuitos, ya que están diseñados para detectar corrientes que exceden el nivel de funcionamiento de un circuito y también cuando el flujo de corriente es extremadamente alto debido a una conexión directa entre dos conductores. En ambos casos desconectan la energía y corriente de forma rápida. Para elegir el interruptor deseado hemos acudido al catálogo de interruptores⁵². El cual tiene las siguientes características:

Interruptor	
I_b	232 A
I_z	275 A
I_n	250 A
I_r	321,5 A
1,45I_z	398,75 A
I_c	40000 A
Tipo de Curva	C

Tabla 57: Características del interruptor. Elaboración propia.

Las características del interruptor cumplen las dos condiciones obligatorias. Se ha de tener en cuenta que la curva seleccionada para el interruptor es de tipo C. Estas curvas indican el tiempo que se tarda en responder a un cortocircuito eléctrico.

Estas curvas muestran gráficamente las combinaciones de tiempo y corriente que provocan la actuación o corte del interruptor⁵³. Además, estas curvas están definidas por la norma europea IEC⁵⁴ la cual especifica tres rangos distintos:

- Curva B: Disparo con corrientes entre 3 I_n a 5 I_n
- Curva C: Disparo con corrientes entre 5 I_n a 10 I_n
- Curva D: Disparo con corrientes entre 10 I_n a 20 I_n

⁵² Siemens (2023)

⁵³ Profelko.com (2021)

⁵⁴ 60898 (2012)

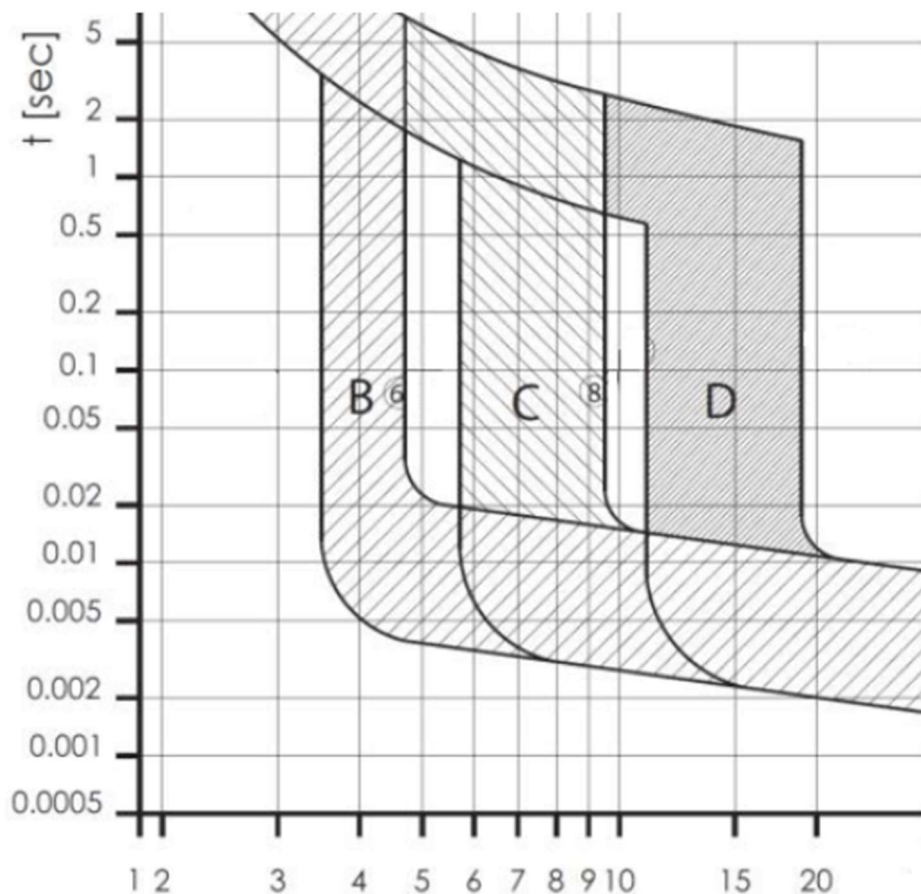


Ilustración 36: Tipo de curva de disparo. Según IEC 60898.

Para asegurarnos de las protecciones y de la seguridad de estas, se implementan dos condiciones complementarias según CEI⁵⁵.

$$I_{ccmin} \geq I_a$$

Ecuación 32: Corriente de cortocircuito mínima.

$$I_c \geq I_{cc}$$

Ecuación 33: Corriente de interruptor

Donde:

- I_{ccmin} es la corriente de cortocircuito mínima.

⁵⁵ 64-8 (2007)

- I_a es la corriente mínima que asegura el disparo magnético.
- I_{cc} es la corriente de cortocircuito
- I_c es el poder del interruptor.

En este caso, I_a es entre 5 y 10 veces la corriente nominal, así que buscando la condición más desfavorable para esta condición escogemos que I_a sea 10 veces I_n (2500 A), siendo inferior a I_{ccmin} (24500 A).

El tiempo de respuesta lo hayamos utilizando la ilustración 35, en la que el final de la curva C se ve que el tiempo de reacción será entre 0,005 y 0,01 segundos.

6.3.2 PUESTA A TIERRA

La conexión a tierra es importante y toda instalación eléctrica debe tenerla, ya que cuando un equipo eléctrico sufre de cortocircuito o algún fallo, la conexión a tierra supone un camino seguro para que la corriente fluya en lugar de explorar rutas más peligrosas. Tierra es la parte conductora de un componente eléctrico que se puede tocar y que no está bajo tensión en condiciones normales, pero que podría estar bajo tensión en situación de avería, según CEI⁵⁶.

Se va a realizar un pequeño diseño de puesta a tierra, aplicando el Comitato Elettrotecnico Italiano. En esta normativa también se establece que la profundidad mínima ha de ser de 0,5 metros. Además, las secciones de los conductores deben tener un diámetro o sección mínima, la cual también está contemplada en CEI 64-8, concretamente en la siguiente tabla:

⁵⁶ 64-8 (2007)

Tab. 54A - Sezioni convenzionali minime dei conduttori di terra

	Protetti meccanicamente	Non protetti meccanicamente
Protetti contro la corrosione	In accordo con 543.1	16 mm ² rame 16 mm ² ferro zincato (*)
Non protetti contro la corrosione	25 mm ² rame 50 mm ² ferro zincato (*)	

(*) Zincatura secondo la Norma CEI 7-6 oppure con rivestimento equivalente.

Tabla 58: Sección convencional mínima del conductor a tierra. Según CEI 64-8.

En este caso, el cable a tierra solo tiene que estar protegido contra la corrosión, por lo que debe de tener una sección mínima de 16 mm².

A parte de los conductores a tierra, se encuentran los conductores de protección. Los conductores de protección son los encargados de unir la instalación eléctrica a los conductores de tierra. La CEI también determina la sección mínima en estos conductores mediante la siguiente tabla:

Tabella 54F - Relazione tra le sezioni dei conduttori di protezione e dei conduttori di fase

Sezione dei conduttori di fase dell'impianto S (mm ²)	Sezione minima del corrispondente conduttore di protezione S _p (mm ²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S _p = $\frac{S}{2}$

Tabla 59: Relación de la sección del conductor de protección y conductor de fase. Según CEI 64-8.

Anteriormente, se calculó la sección en 150 mm². Como nuestra sección es mayor que 35, la sección del conductor será la mitad, ergo 75 mm².

En cuanto la resistencia a tierra tiene que ser lo más cercano a cero posible. En los casos ideales se considera nula su resistencia. La NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Incendios) y la IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) recomiendan un valor de puesta a tierra de 5Ω o menos. Supondremos un valor de 5Ω .

La forma de hacer el dimensionamiento a tierra siempre se hará de forma que la tensión de defecto no sobrepase la tensión la tensión de seguridad de puesta a tierra. La tensión de seguridad será de 50 V.

Para calcular la tensión de defecto, primero hay que calcular la intensidad de defecto, la cual se calcula de la siguiente manera⁵⁷.

$$I_{defecto} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{(R_n + R_a)^2}}$$

Ecuación 34: Corriente de defecto.

Donde:

- U_n es la tensión nominal
- R_n es la resistencia a neutro (10Ω)
- R_a es la resistencia de electrodo (5Ω)

La I de defecto en este caso es de 8,85 A.

Ahora, se calcula la tensión de defecto con la siguiente ecuación:

$$U_{defecto} = I_{defecto} * R_a$$

Ecuación 35: Tensión de defecto.

Donde U de defecto es 44,26 V la cual es menor que 50 V.

⁵⁷ Iberdrola (2019)

Conexión a tierra				
Ra[Ω]	Rn[Ω]	Un[V]	ID[A]	UD[V]
5	10	230	8,85	44,26

Tabla 60: Resultados de puesta a tierra. Elaboración propia.

6.4 CONCLUSIÓN DEL DISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA

En conclusión, para diseñar la red de un edificio, hemos cumplido con la normativa italiana CEI 64-8 y la normativa europea IEC. El proceso está compuesto por la previsión de cargas, cálculo de la línea general de alimentación y asegurarse de la seguridad del inmueble. La previsión de cargas se realiza teniendo en cuenta las cargas de iluminación, equipos de climatización, equipos instalados y alumbrado exterior. La LGA se calculará considerando la corriente necesaria y caída de tensión estimada, cumpliendo con la normativa en todo momento, y por último, la seguridad se compone por la instalación del interruptor general de alimentación, uno por cada edificio y la puesta a tierra de la red eléctrica.

En el siguiente capítulo, se estudiará la instalación de placas fotovoltaicas para poder optimizar la energía y ser sostenible al 100%.

7. CAPÍTULO VII: INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

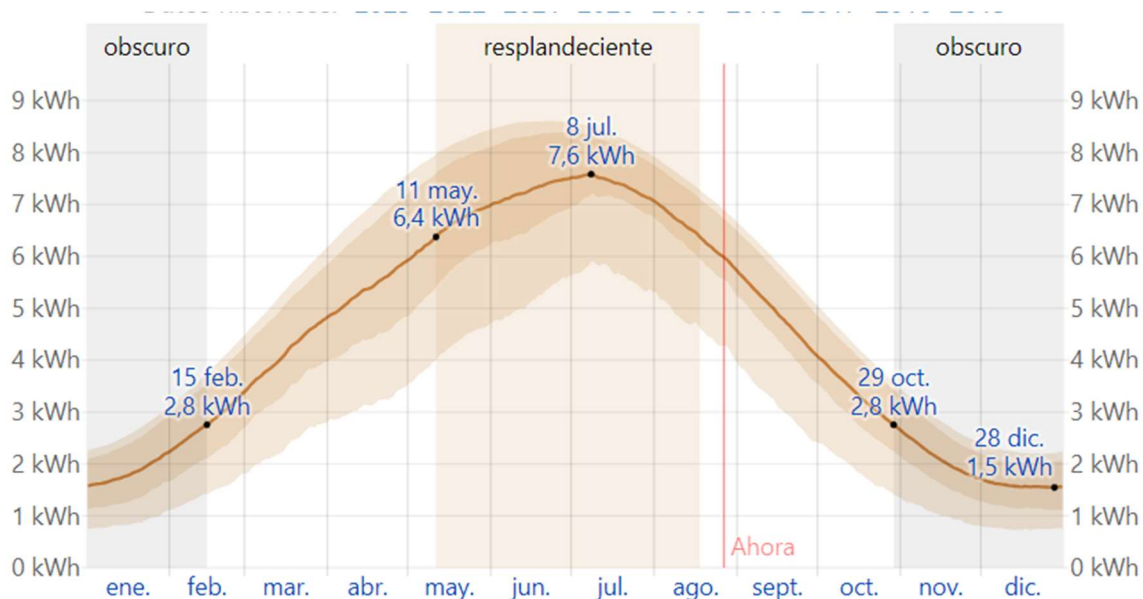
En el siguiente capítulo, se va a proceder a la instalación de placas solares fotovoltaicas con el fin de optimizar a energía y hacer que el cortijo sea autosuficiente y sostenible. Para la instalación de placas solares es importante saber cuta luz solar impacta sobre el terreno de la finca. Además, se calculará el ángulo óptimo de colocación y el número de placas necesarias para su autoconsumo.

7.1 *RADIACIÓN SOLAR*

La radiación solar es un factor fundamental a la hora de instalar paneles solares, ya que determina la eficiencia y generación de energía por parte de estas. Es clave que en Siena haya una radiación solar buena y relativamente estable para que la instalación tenga sentido.

La incidencia de ondas solares varía dependiendo en que época del año nos encontremos, por lo que naturalmente en verano es cuando más radiación solar se consiga. El período más resplandeciente dura aproximadamente 3 meses, y es desde mayo hasta agosto con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de 6,4 kWh, siendo el mes más resplandeciente julio. Por lo contrario, el período más oscuro dura aproximadamente 3 meses y medio, desde noviembre hasta mediados de febrero. El mes más oscuro es febrero⁵⁸.

⁵⁸ WeatherSpark.com (2023)



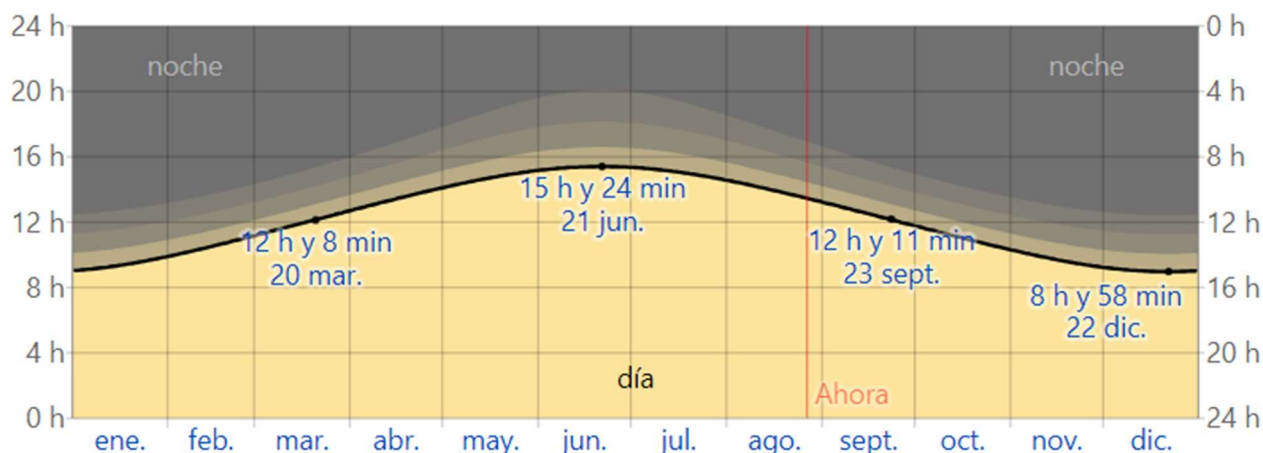
La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25° a 75° y 10° a 90°.

Ilustración 37: Energía solar incidente en Siena. Según weatherspark.com

	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Energía solar kWh	1.8	2.8	4.2	5.4	6.6	7.3	<u>7.4</u>	6.4	4.8	3.3	2.1	<u>1.6</u>

Tabla 61: Energía solar recibida cada mes. Según weatherspark.com

Otra cuestión a tener en cuenta es cuánto tiempo aguanta la luz solar al día. Podemos encontrarlo en la siguiente gráfica y tabla.



La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

Ilustración 38: Horas de luz natural. Según weatherspark.com

Horas de	ene.	feb.	mar.	abr.	may.	jun.	jul.	ago.	sept.	oct.	nov.	dic.
Luz natural	9,4h	10,5h	12,0h	13,5h	14,7h	15,3h	15,0h	13,9h	12,5h	11,0h	9,7h	9,0h

Tabla 62: Horas de luz natural. Según weatherspark.com

Por lo que teniendo cuanto kWh de radiación solar y luz natural hay aproximadamente cada mes, se puede hacer una estimación de cuanta energía solar sería.

Energía [KW]	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
	16,92	29,4	50,4	72,9	97,02	111,69	111	88,96	60	36,3	20,37	14,4

Tabla 63: Energía solar. Elaboración propia.

7.2 COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Una instalación solar fotovoltaica es un sistema capaz de transformar la energía solar en electricidad. El uso de estas tiene innumerables ventajas ya que se puede conseguir ser autosuficiente, ayudar al medioambiente y ser sostenible, además de conseguir ahorrar dinero mediante la factura de la luz.

La instalación está compuesta por varios componentes⁵⁹:

- **Paneles solares o módulos fotovoltaicos**: Es el componente principal y el más conocido y visible de la instalación. Se componen de celdas que captan la radiación del sol y la transforman en electricidad. Su composición depende de la instalación, ya que pueden estar compuestos por silicio amorfo, cristalino o diferentes materiales aptos para la instalación.
- **Inversor**: Un inversor básicamente es capaz de convertir la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Es vital este componente, ya que la forma de consumir electricidad en el cortijo es de corriente alterna.
- **Cableado**: El cableado es necesario ya que sin el no se podría conectar los módulos e inversores al sistema eléctrico del edificio.
- **Estructura de montaje**: La estructura de montaje es donde se instalan las placas, pueden ser desde suelos hasta el techo del edificio.
- **Medidor**: El medidor es usado para registrar la energía generada a electricidad y la cantidad transferida a la red.
- **Batería**: La batería no es obligatoria tenerla, ya que normalmente son muy caras y el sistema funciona igual. Son utilizadas para el almacenamiento de la energía sobrante.

Sabiendo todos los componentes que componen la instalación, se hará un breve resumen de cómo funciona las placas solares.

En primer lugar, los paneles captan los fotones que contiene la energía solar y los convierte en electrones, creando una corriente continua. Esta corriente es transformada a corriente alterna por el inversor y posteriormente se trasfiere a la red eléctrica de la casa mediante el cableado. Si la instalación genera energía en exceso se registra en el medidor y se tiene dos posibilidades. La primera es venderla a la red en forma de potencia reactiva, aunque esta potencia vale muy poco dinero, la que cuesta más es la

⁵⁹ Ecoinventos (2023)

activa. La segunda opción es almacenarla en una batería. Esta última puede ser muy útil para las noches y días nublados.

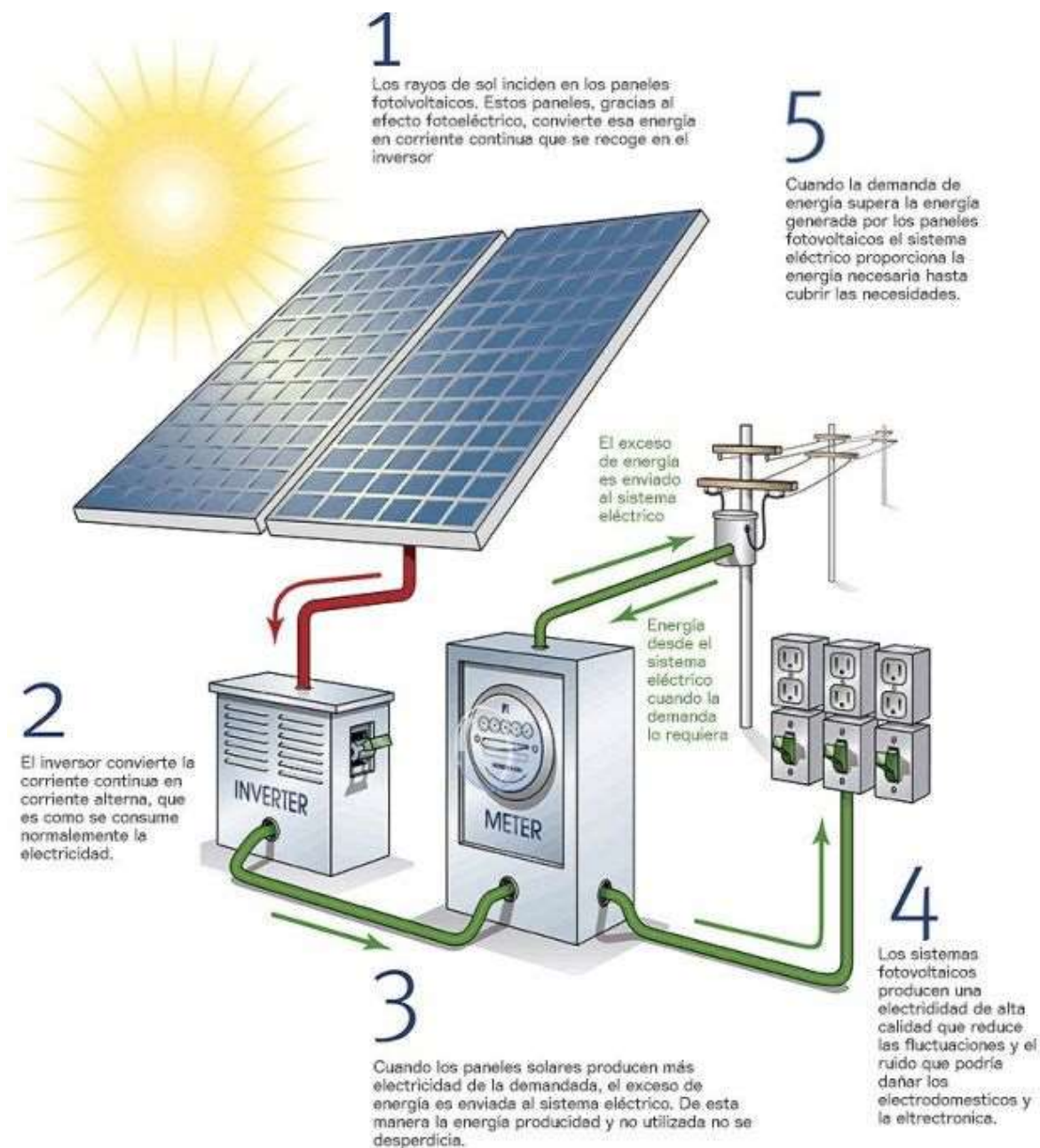


Ilustración 39: Funcionamiento de una placa solar fotovoltaica. Fuente: Ecoinventos.

7.3 CÁLCULOS NECESARIOS

En primer lugar, debemos estimar el gasto energético que tendremos cada mes, ya que va a suponer que la finca está en completa ocupación durante todo el año, pero la almazara no estará en funcionamiento todo el año, sino que solo se pondrá en marcha cuando haya que hacer aceite y se recojan las olivas.

Un olivo de seco puede producir entre 20-25 kg al año, es decir, si tenemos 300 olivos, al año como máximo tendremos 7500 kg de olivas⁶⁰. La época del año para producir este aceite varía entre octubre y diciembre⁶¹. Entonces solo estará activa durante esos tres meses. Como la máquina tiene una capacidad de 50 kg/h, toda la producción se puede llevar a cabo en un mes. Los aceites que se producen en noviembre se les llama aceites tempranos, es por ello que se estima que la producción se hará en noviembre. El consumo de la almazara solo se contará en noviembre.

En enero y febrero se supondrá que las luces de la piscina no se utilizan.

Este es el consumo que tenemos cada mes:

⁶⁰ [Haciendaguzman.com](https://www.haciendaguzman.com) (2023)

⁶¹ [Aceitesalbert.com](https://www.aceitesalbert.com) (2021)

Mes	Consumo (kWh)
Enero	4600,214
Febrero	4155,032
Marzo	4602,074
Abril	4453,62
Mayo	4602,074
Junio	4453,62
Julio	4602,074
Agosto	4602,074
Septiembre	4453,62
Octubre	4602,074
Noviembre	4582,62
Diciembre	4602,074

Tabla 64: Consumo mensual. Elaboración propia.

7.3.1 PÉRDIDAS DE GENERACIÓN POR ORIENTACIÓN O INCLINACIÓN

La instalación debe cumplir los límites impuestos por el pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, el cual está desarrollado por el IDAE⁶², en el cual se establecen límites de orientación, sombras e inclinación.

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Tabla 65: Condiciones límite de orientación, inclinación y sombra. Según la IDAE.

⁶² Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2020)

Para calcular las pérdidas por orientación e inclinación están establecidos unos límites denominados pérdidas máximas permisibles. El primer paso para calcularlas es definir el ángulo de incidencia (β) y el ángulo de azimut (α).

- **Ángulo de incidencia (β)**: Se refiere al ángulo en el que los rayos de sol golpean la superficie. Para maximizar la eficiencia es importante que los ángulos incidan de forma perpendicular. El ángulo de incidencia varía a lo largo del día a medida que el sol se desplaza, por lo tanto, hay que ajustar las placas.
- **Ángulo de azimut (α)**: Es la medida entre el norte y la dirección que apunta la placa solar. Este ángulo determina la orientación este-oeste.
 - 0° indica dirección sur
 - -90° indica dirección este
 - 90° indica dirección oeste.

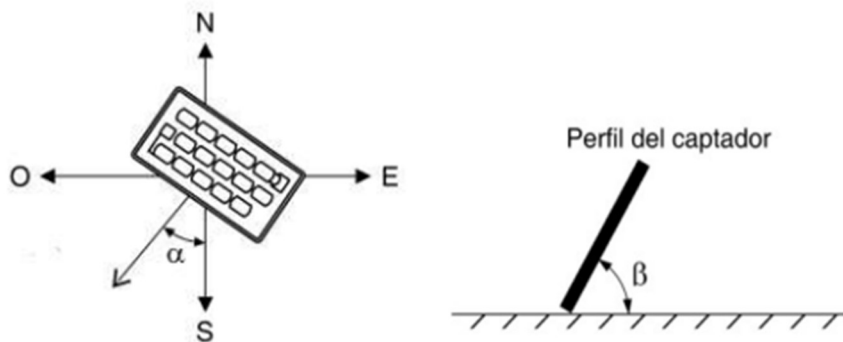


Ilustración 40: Inclinación óptima. Según IDAE.

El cálculo consiste en calcular el ángulo de inclinación óptimo y posteriormente calcular las pérdidas en función del ángulo de inclinación y el ángulo de azimut.

Para calcular el ángulo de inclinación utilizaremos el método por temperatura, en el que el grado de inclinación máximo será 15°C sumados a su latitud, y la inclinación mínima será la latitud restada por 15°C .

- Inclinación máxima: $43^\circ + 15 = 58^\circ$
- Inclinación mínima: $43^\circ - 15^\circ = 28^\circ$.

En situaciones cerca del límite se empleará la siguiente ecuación:

- Para $15^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 * (1,2 * 10^{-4} * (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5} * \alpha^2) = 0,11\%$$

Correcciones según la latitud: Se obtienen los valores para la latitud $\beta=41^\circ$ y se corrigen teniendo en cuenta la latitud de la finca 43°

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación } (\beta = 41^\circ) - (43^\circ - 41^\circ) = 60^\circ - (43^\circ - 41^\circ) = 58^\circ$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación } (\beta = 41^\circ) - (43^\circ - 41^\circ) = 12^\circ - (43^\circ - 41^\circ) = 10^\circ.$$

Por lo que estamos dentro de los límites.

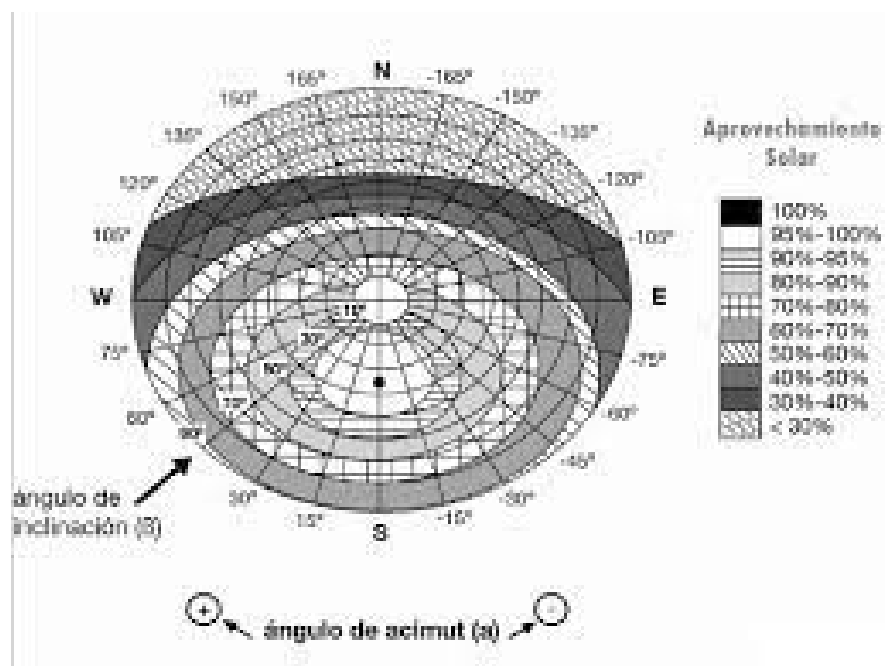


Ilustración 41: Dibujo para el cálculo de los límites del ángulo de azimut. Según IDAE.

En este caso, como la orientación se considera que es la del sur, el ángulo será 0, por tanto:

- Inclinación máxima $58^\circ \leq 60^\circ$ (límite impuesto por IDAE)
- Inclinación mínima $10^\circ \geq 10^\circ$ (límite impuesto por IDAE).

Se puede observar que se cumple con los requisitos de pérdidas por orientación, inclinación y sombras.

7.3.2 CÁLCULOS DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

El objetivo es que la finca pueda ser o intentar ser, la mayoría de los días, autosuficiente por lo que el objetivo es el mismo que el de la tabla 68.

Para ello, primero tenemos que saber que módulo vamos a instalar para saber cuántos módulos necesitaremos.

Mirando en el catálogo de placas solares⁶³. La placa escogida es SCM 225 Solar Module. La cual tiene las siguientes características:

MODEL	SCM205	SCM210	SCM215	SCM220	SCM225	SCM230
ELECTRICAL DATA						
Peak Power Watts - P _{mpp} (Wp)	205	210	215	220	225	230
Power Output Tolerance - P _{mpp} (%)	±3	±3	±3	±3	±3	±3
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	28.1	28.2	28.3	28.7	29.1	29.4
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	7.3	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8
Open Circuit Voltage - V _{oc} (V)	36.1	36.1	36.3	36.6	36.8	37.1
Short Circuit Current - I _{sc} (A)	7.9	8.1	8.1	8.2	8.2	8.3
Temperature Coefficient of P _{mpp} (%/°C)	-0.452	-0.452	-0.452	-0.452	-0.452	-0.452
Temperature Coefficient of V _{oc} (%/°C)	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34
Temperature Coefficient of I _{sc} (%/°C)	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074
Cell Efficiency (%)	14.0	14.4	14.7	15.1	15.4	15.8
Module Efficiency (%)	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9
Max Series Fuse Rating (A)	15	15	15	15	15	15
Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000 W/m², Cell temperature 25 °C)						

Tabla 66: Características del módulo escogido. Según solarelectricsupply.com

⁶³ Solarelectricsupply (2023)

REC SCM Series Dimensions:

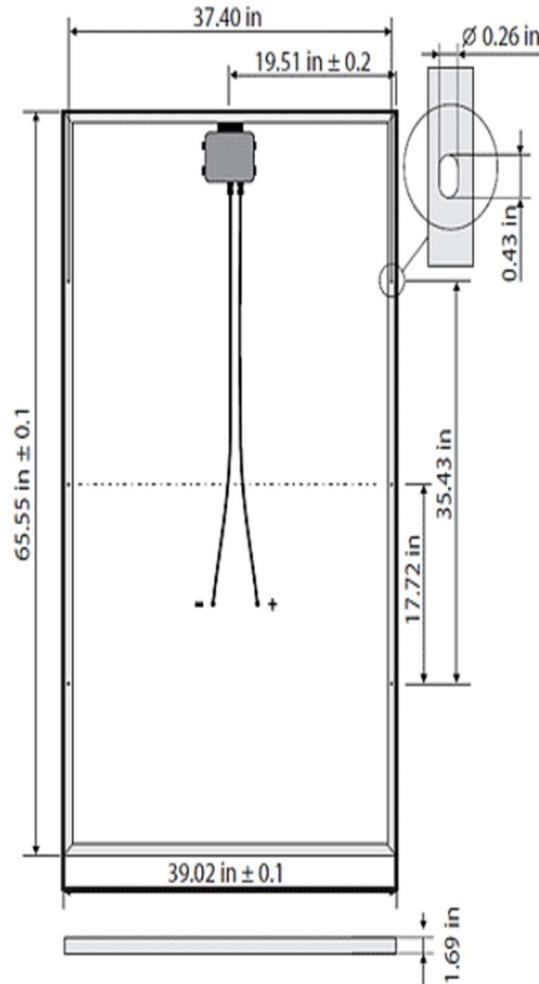


Ilustración 42: Dimensiones y forma del módulo. Según solarelectricsupply.com

Para elegir el número de placas necesarias, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{E * 1,3}{HSP * Wp}$$

Ecuación 36: Número de paneles instalados

Donde:

- E es el consumo diario total
- HSP son las horas pico
- Wp es la potencia del panel

Las “horas de sol pico” que pueden definirse cómo el número de horas al día con una hipotética irradiancia de 1.000 W/m² que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día⁶⁴. En siena las horas de sol pico son de 4,2. Port tanto, sabiendo que la potencia del panel y el consumo diario se puede afirmar que el número de paneles que se necesitan son 160, lo que supone que si la placa tiene un área de 1,56 m² se necesitan alrededor de 200 m². Las placas se instalarán en el techo de la primera dependencia, la cual tiene dirección sur y 200 m². Además, también hay espacio en el techo de la segunda dependencia en dirección sur, 62 m². Pero ya veremos cuanto espacio se necesita realmente, ya que se necesita una separación mínima entre bloques de paneles.

Además, también podemos calcular el número de panales necesarios de la siguiente manera:

Mes	Radiacion solar [kWh/m ²]	Area de la placa [m ²]	Dias	Eficiencia de la placa	Energía captada por módulo [kWh]	Energía total [kWh]	Nº Paneles
enero	1,8	1,5604	31	15,40%	13,40882928	1206,794635	90
febrero	2,8	1,5604	28	15,40%	18,83964544	1695,56809	90
marzo	4,2	1,5604	31	15,40%	31,28726832	2815,854149	90
abril	5,4	1,5604	30	15,40%	38,9288592	3503,597328	90
mayo	6,6	1,5604	31	15,40%	49,16570736	4424,913662	90
junio	7,3	1,5604	30	15,40%	52,6260504	4736,344536	90
julio	7,4	1,5604	31	15,40%	55,12518704	4961,266834	90
agosto	6,4	1,5604	31	15,40%	47,67583744	4290,82537	90
septiembre	4,8	1,5604	30	15,40%	34,6034304	3114,308736	90
octubre	3,3	1,5604	31	15,40%	24,58285368	2212,456831	90
noviembre	2,1	1,5604	30	15,40%	15,1390008	1362,510072	90
diciembre	1,6	1,5604	31	15,40%	11,91895936	1072,706342	90

Tabla 67: Energía captada por los paneles. Elaboración propia.

Como se puede observar, estas dos formas de calcular los números de paneles es en los casos más desfavorables, así que si tenemos en cuenta que algunos días no se estará en la finca y que no hace falta cubrir toda la energía en los meses más desfavorables, como invierno, podemos poner 90 placas fotovoltaicas y ahorrar mucho dinero en la factura de la luz.

⁶⁴ Sfe-solar (2023)

7.4 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

En este apartado del capítulo se detallará la instalación de todos los elementos que forman parte de la instalación solar fotovoltaica. La instalación, como hemos mencionado anteriormente, consta de 90 módulos para intentar cubrir el 90% o 95% del consumo del cortijo durante el año. Además de que el modelo del módulo es SCM 225 Solar Module.

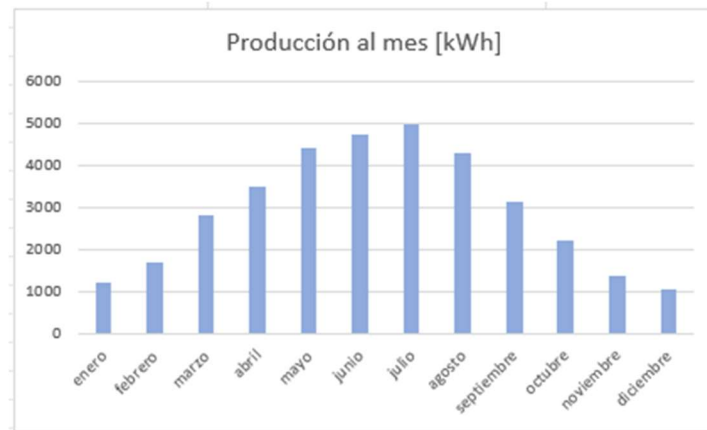


Ilustración 43: Producción de placas solares al mes. Elaboración propia.

Con esta producción, en los meses de verano se logra ser autosuficiente.

7.4.1 COLOCACIÓN Y DISTANCIA DE LOS MÓDULOS

Para calcular la distancia mínima entre filas de módulos o cualquier objeto, para asegurarnos que reciba sol las horas de sol pico, debemos asegurarnos de que no caiga sombra entre ninguna placa.

Para el cálculo de la siguiente distancia se utilizará la siguiente fórmula:

$$d = h * k$$

Ecuación 37: Distancia entre módulos.

Donde:

- h es la altura vista desde la placa trasera.
- k es un factor adimensional.

La k la podemos calcular mediante la siguiente ecuación:

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

Ecuación 38: Coeficiente adimensional

También se puede identificar por medio de la siguiente tabla:

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,6	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Tabla 68: Tabla para el cálculo del coeficiente. Según IDAE.

En nuestro caso, la latitud es de 43° por lo que no hace falta que realicemos ningún cálculo, ya que viene directamente en la tabla. Nuestro coeficiente es de 3,078 m. La altura la podremos calcular mediante el ángulo, supondremos por media general un ángulo de 30°, así que la $h = 1,6 * \sin(30) = 0,8$ metros.

Las 90 placas solares serán 9 bloques compuestos por 10 placas en paralelo. Como la distancia tiene que ser de más de 2,4624 metros, por lo que la colocación será de 2,5 metros. Ocupando así una superficie de 348 m², lo cual no supone ningún espacio, ya que contamos con hectáreas de espacio, incluso se podría estudiar instalarlas en el tejado.

7.4.2 CABLEADO

En cuanto al cableado de la instalación, se supondrá de la misma sección y material de los escogidos para la red eléctrica. Los cuales eran de cobre, con una sección de 150 mm², ya que deben cumplir con las normativas italianas.

Los cables que se escogerán serán del modelo RZ1-K 0,6/1 KV EXZHELLENT, los cuales cuentan con las siguientes características⁶⁵:

⁶⁵ Ilumitec (2023)

Modelo	Material	Sección	Aislamiento	Normativa	Normativa contra incendios
RZ1-K (AS) Unipolar Flexible LH	Cobre	150 mm ²	0,6/1KV	IEC 60502-1	IEC 60332-1-2 IEC 60332-3-24 IEC 60754-1 IEC 60754-2

Tabla 69: Características del cableado. Elaboración propia.

7.4.3 INVERSOR

El inversor escogido, es uno de tipo cargador o también conocido como inversor híbrido, ya que tiene la capacidad de funcionar como inversor y cargar las baterías. Esto significa que puede tomar la red eléctrica como una fuente de CA o un generador.

El modelo escogido es el Inversor Fronius Eco 27.0-3-S Light⁶⁶. Sus características se muestran a continuación:

Modelo	Inversor Fronius Eco 27.0-3-S Light
Potencia Nominal	27KW
V _{mp} min	580V
V _{mp} max	650V
V max	1000V
Potencia PV max	37,8KWp
I max	47,7A
Nº entradas	12
Caja de protección	IP66
Acoplamiento a la red	230/400
Frecuencia	50/60 Hz

Tabla 70: Características del inversor. Elaboración propia.

⁶⁶ Efecto solar (2023)

7.4.4 CONFIGURACIÓN ELÉCTRICA

La instalación cuenta con un total de 90 módulos. Para cumplir con la normativa eléctrica de Gestore dei Servizi Energetici⁶⁷ y Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente⁶⁸, hacen falta las siguientes especificaciones:

- Para que el inversor instalado sea el adecuado, se debe cumplir que la potencia del inversor debe ser mayor que la instalada, es decir:

$$P_{instalada} < P_{pvm\acute{a}x}$$

$$P_{instalada} = P_{modulo} * N^{\circ}paneles$$

Ecuación 39: Potencia instalada

En este caso como $P_{pvm\acute{a}x} = 37,8 \text{ KW}$ y $P_{instalada} = 20,25 \text{ KW}$ se cumple la condición.

- La I_{cc} de los módulos debe ser menor que la máxima del inversor.

$$I_{cc} = I_{cc} * n^{\circ}bloques \text{ en paralelo} = 8,2 * 9 = 73,8 \text{ A.}$$

Ecuación 40: Corriente de cortocircuito

La cual es menor que 77,1 A

- Se debe cumplir que el valor del punto de máxima corriente sea menor que la corriente máxima.

$I_{pmp} = I_{pmp} * n^{\circ}bloques \text{ en paralelo} = 7,8 * 9 = 71,1 \text{ A}$, lo cual es menor que la corriente máxima del inversor.

- En cuanto al valor de voltaje de circuito, es obligatorio que se cumpla que:

$$V_{mas adm} > V_{oc} > V_{arranque}$$

$$V_{oc} = V_{oc} * n^{\circ} \text{ módulos en serie} = 36,70 * 10 = 367 \text{ V}$$

Ecuación 41: Tensión total de los módulos.

$$V_{arranque} = 230 \text{ V}$$

$$V_{max} = 1000 \text{ V}$$

⁶⁷ GSE (2015)

⁶⁸ ARRERA (2018)

$$1000 > 367 > 230$$

- También, en los puntos de máxima tensión, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$V_{pmp} < V_{pmp} < V_{pmp\ max}$$

$$V_{pmp} = V_{pmp} * n^{\circ} \text{módulos en serie} = 28,40 * 10 = 284$$

Ecuación 42: Tensión pico

$$V_{pmpmin} = 145V$$

$$V_{pmpmax} = 580V$$

7.4.5 BATERÍA

Para una selección idónea de la batería, lo primero que se debe de tener en cuenta es la capacidad que tendrá la batería. La capacidad de esta viene definida en la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Consumo} * \text{Autonomía}}{U * \text{Profundidad}}$$

Ecuación 43: Capacidad de la batería.

Donde:

- Consumo se refiere al consumo del inmueble
- Autonomía se refiere a los días los cuales se debe aguantar sin más energía proveniente de las placas solares.
- U es la tensión de la batería
- Profundidad es la profundidad de descarga

En cuanto al consumo, tenemos que ver la diferencia entre lo generado y consumido. Viendo la ilustración 42, se puede ver que el mes en el que más se genera es en julio, también es en el cual hay más radiación solar y horas al día de luz solar. Lo generado es 4961,26kWh/mes, y al día 160 kWh.

Refiriéndonos a la autonomía, supondremos que como máximo se podrá estar 3 días sin recibir electricidad proveniente de los módulos. Ya puede ser por problemas climatológicos o por problemas mecánicos de la instalación.

La tensión será la estándar, será de 48V

Por último, según GSE la profundidad de descarga típica es de 0,7.

Por lo tanto, la capacidad necesaria será de 3045,7 Ah.

Se procede a escoger una batería buscando en el catálogo de baterías (). El modelo escogido es el siguiente:

Modelo	Batería Estacionaria BAE 3750 Ah
Voltaje	48 V
Energía Útil	50%
Ah	3750Ah

Tabla 71: Características de la batería. Elaboración propia.

7.5 UBICACIÓN DE LAS PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Para establecer la ubicación, se necesita un espacio de 348 m² como se ha comentado anteriormente. Las placas solares sería posible instalarlas entre los tejados de las dos dependencias en el hueco que hay entre las dos dependencias. Se ha tomado la decisión de instalarlas en el hueco que hay entre estos dos edificios, ya que es mejor que todas las placas solares estén juntas y ahorrar dinero en cableado.

El terreno se ha medido con Google Earth, y como se puede ver se dispone de más de 348 m², en concreto 467 m². El terreno no es un problema ya que la finca cuenta con hectáreas.

A continuación, se muestra la ubicación de los módulos solares:

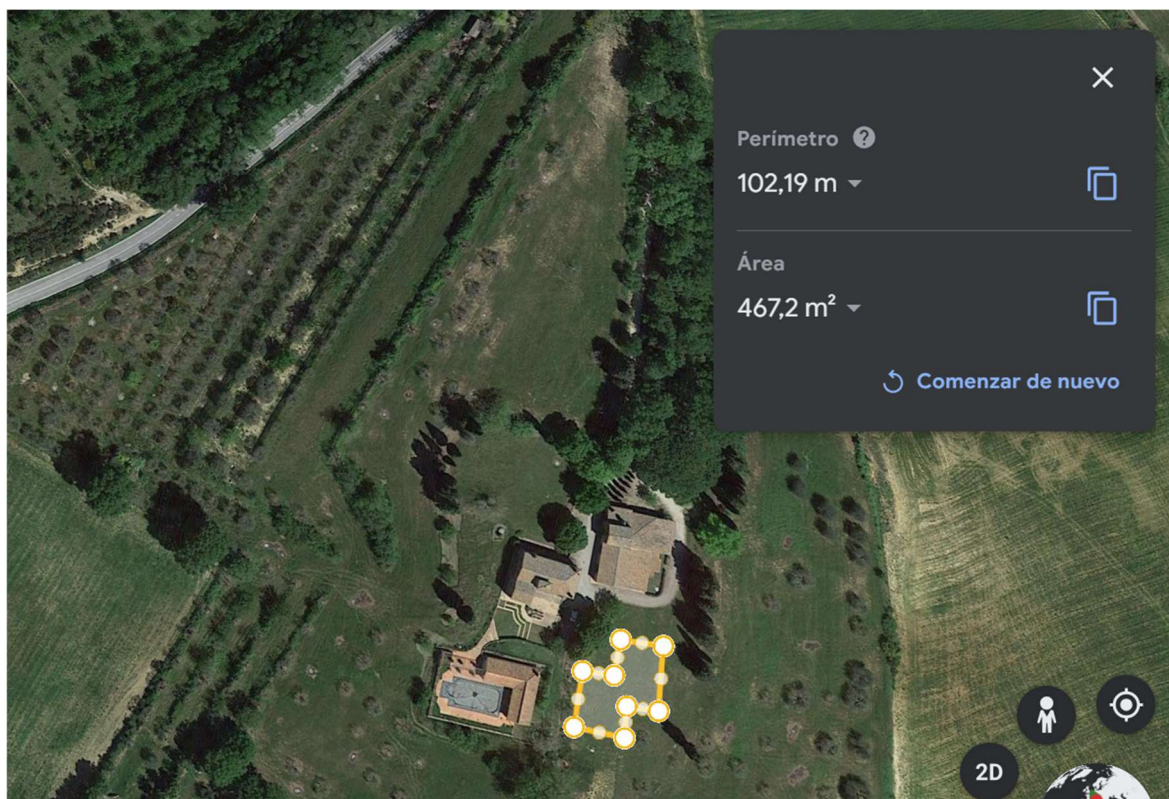


Ilustración 44: Ubicación de la instalación de las placas solares fotovoltaicas. Fuente: Google Earth.

7.6 CONCLUSIÓN DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

En el este capítulo, se abordó la instalación de placas solares fotovoltaicas. El objetivo de su instalación era la optimización energética de la finca y su sostenibilidad. Para llevar a cabo la instalación, hubo unos factores clave. Em primer lugar, se explicó el funcionamiento de las placas solares y todos los componentes que las constituyen. Posteriormente se realizaron los cálculos previos a la instalación, en el que se trataron los ángulos de orientación e inclinación de las placas y el consumo de la finca. Por último, se eligieron todos los modelos necesarios para el funcionamiento de esta, como inversores, módulos, baterías...

Este capítulo es el último capítulo del trabajo de fin de grado. Como anexo se realizará la viabilidad económica de la instalación de placas solares fotovoltaicas.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Idealista. 2020. Disponible en: <https://www.idealista.it/immobile/14071642/#>
- [2]. Objetivos de Desarrollo sostenibles. 2023. Disponible en:
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [3]. “Como dimensionar la instalación de bomba de aire comprimido”. 2022. Disponible en:
https://www.google.com/search?q=dimensionamiento+de+un+sistema+de+aire+comprimido+tabla&&tbm=isch&ved=2ahUKEwiz467z8vWAAxW2rycCHbAKDkoQ2-cCegQIABAA&oq=dimensionamiento+de+un+sistema+de+aire+comprimido+tabla&gs_lcp=CgNpbWcQA1AAWLMFYIYHaABwAHgAgAF1iAHXBJIBAzQuMpgBAKABAaoBC2d3cy13aXotaWlnwAEB&sclient=img&ei=uZ3nZPOiDrbfnsEPsJW40AQ&bih=802&biw=1600#imgsrc=VJwYw7VLWFigTM
- [4]. DECRETO DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA 16 de abril de 2013, n. 74-Artículo 3-.
Disponible en:
<https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2013-06-27&atto.codiceRedazionale=13G00114&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=10&qId=d978ebb3-488c-4923-bf9c-b9af01a106a5&tabID=0.13330716689432087&title=lbl.dettaglioAtto>
- [5]. DECRETO DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA 1 de diciembre de 1949, n. 1142.
Disponible en: <https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:presidente.repubblica:decreto:1949-12-01;1142>
- [6]. “Como utilizar las ecuaciones de cargas térmicas por transmisión”. 2020. Disponible en:
<http://www.climayoreo.com/blog/c%3%a1lculo-de-cargas-t%3%a9rmicas#:~:text=La%20carga%20por%20transmisi%C3%B3n%20y%20radiaci%C3%B3n%20que%20se,%3D%20K%20%C2%B7%20S%20%C2%B7%20%28Tec%20-%20Ti%29>
- [7]. “Coeficiente de marco de madera”. 2023. Disponible en:
<https://ovcis.castillalamancha.es/OVCISEficienciaEnergetica/manuales/ventanas/CalculoTransmitancia.pdf>
- [8]. “TABLA TRANSMITANCIAS LADRILLO COCIDO”.2021. Disponible en:
<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/2348/2980>

- [9]. “Cálculo de cargas latentes”. 2017. Disponible en:
<http://www.climayoreo.com/blog/c%3%a1lcu%20de-cargas-t%3%a9rmicas#:~:text=La%20carga%20por%20transmisi%C3%B3n%20y%20radiaci%C3%B3n%20que%20se,%3D%20K%20%C2%B7%20S%20%C2%B7%20%28Tec%20-%20Ti%29>
- [10]. “Altitud del cortijo”. 2023. Disponible en:
<https://www.advancedconverter.com/es/herramientas-de-mapa/encontrar-altitud-desde-coordenad>
- [11]. “Dirección del viento en Siena”. 2023. Disponible en:
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/siena_italia_3166548
- [12]. “Temperatura máxima y mínima media en Siena”. 2023. Disponible en:
<https://es.weatherspark.com/y/68930/Clima-promedio-en-Siena-Italia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Temperature>
- [13]. “Humedades absolutas y relativas”. 2023. Disponible en:
<https://www.datosmundial.com/europa/italia/clima-toscana.php>
- [14]. “Comparativa CyL y Toscana”. 2022. Disponible en:
<https://www.datosmundial.com/comparacion-climatica.php?r1=es-castilla-y-leon&r2=it-toscana>
- [15]. “Donde es mejor instalar luz cálida o luz fría”. 2020. Disponible en:
<https://clarte.com.mx/blogs/tendencias-de-diseno/luz-calida-fria-decoracion-lamparas>
- [16]. “Catálogo de bombillas”. 2023. Disponible en: https://www.ikea.com/es/es/p/solhetta-bombilla-led-e27-1521-lumenes-regulacion-intensidad-luminosa-globo-blanco-opalo-20509993/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=es_Shopping_Brand_HF_B10-Lighting_0_Standard-Hybrid_Google&&gclid=Cj0KCQjwrfymBhCTARIsADXTaBlWqsXlGO6xak_TYR7CZ1y_OptDVCuowi-EfTqkNYBfFGQ6qrBptLEaAqE6EALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- [17]. “Como calcular cargas por electrodoméstico”. 2019. Disponible en:
<https://www.iberdrola.es/blog/energia/cual-es-la-potencia-necesaria-para-los-electrodomesticos#:~:text=Los%20m%C3%A1s%20habituales%20son%20los,Lavadora%3A%201.500%20%2D%202.500%20W.>
- [18]. “Como calcular cargas térmicas”. 2023. Disponible en:
<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

- [19]. “Como realizar diagramas psicométricos”. 2020. Disponible en:
http://www.imventa.com/ayuda/tekton3d/Manual/BloqueII/06_CargaDemandaTermica.htm
- [20]. “Fórmula para calcular el caudal de impulso”. 2023. Disponible en:
[https://soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=10&t=18410#:~:text=Con%20el%20dato%20carga%20t%C3%A9rmica,%20C3*salto%20T%C2%AA\).&text=Por%20ejemplo%20si%20tienes%20un.personas%20tendr%C3%ADa%20los%20siguientes%20caudales.](https://soloingenieria.net/foros/viewtopic.php?f=10&t=18410#:~:text=Con%20el%20dato%20carga%20t%C3%A9rmica,%20C3*salto%20T%C2%AA).&text=Por%20ejemplo%20si%20tienes%20un.personas%20tendr%C3%ADa%20los%20siguientes%20caudales.)
- [21]. “Catálogo de UTAs”. 2023. Disponible en: <http://www.dimatek.es/images/a60f2-UTA-Dimatek-2015-web-2016-web.pdf>
- [22]. “Catálogo de fancoils”. 2023. Disponible en:
file:///C:/Users/Pipo%20mozos/Downloads/Fan%20Coil%20Units%20Catalogue_ECPES11-410_Catalogues_Spanish.pdf
- [23]. “Lavavajillas industrial”. 2020. Disponible en:
https://lavavajillashosteleria.com/lavavajillas-industrial-40x40/40-lavavajillas-industrial-40x40cm-cleiton.html?gad=1&gclid=CjwKCAjwloynBhBbEiwAGY25dGpY3vphGNZikXmT7HgQHmxxiXIiBlA4Ixxva_zr5tqXLjCfyj1J6ZxoCG70QAvD_BwE
- [24]. “Catálogo de bombas de presión”. 2023. Disponible en:
<https://www.bombashasa.com/imag/cat-especificos/catalogo5.pdf>
- [25]. “Aguas residuales método”- UNI EN 12056-2. (30/09/2001 Sistemas de residuos accionados por gravedad en el interior de edificios – Plantas de aguas residuales, diseño y cálculo)
- [26]. “Aguas residuales” - <https://www.coffeenews.it/la-progettazione-degli-impianti-di-scarico-delle-acque-reflue-in-base-alla-norma-uni-en-12056-2/>
- [27]. “Tabla caudal de cálculo”. 2015. Disponible en:
<https://www.proinstalaciones.com/articulos/normativa-articulos/1921-consideraciones-sobre-el-dimensionado-de-instalaciones-interiores-de-agua-segun-norma-une-149201-2017>
- [28]. “Como funciona una limpiadora de aceitunas”. 2020. Disponible en: <https://www.calero-group.com/limpiadoras-de-aceitunas-para-almazaras-por-que-son-tan-importantes-en-esta-industria/#:~:text=Las%20limpiadoras%20de%20aceitunas%20deben.de%20una%20limpiadora%20de%20aceitunas.>
- [29]. “ Catálogo de focos piscina”. 2023. Disponible en:
<https://www.leroymerlin.es/productos/iluminacion/iluminacion-exterior/focos-de-exterior-led/foco-led-blanco-para-piscina-qp-extraplano-10-w-28-cm-de-16746996.html>

- [30]. “Catálogo de la almazara”. 2023. Disponible en: <https://www.edibon.com/es/plantas-piloto-para-produccion-de-aceites-controlada-desde-computador-pc-y-pantalla-tactil/catalogo>
- [31]. Normativa europea: EN 806- <https://toaz.info/doc-view-2>
- [32]. MF0642_3 - Servicios en obra civil- Disponible en: <https://es.scribd.com/read/424103022/MF0642-3-Servicios-en-obra-civil#>
- [33]. NTC - <https://www.studiopetrillo.com/files/ntc2018/ntc2018.pdf>
- [34]. “Factor de potencia y su definición”. 2023. Disponible en: - [https://www.risoul.com.mx/blog/que-es-el-factor-de-potencia-y-en-que-me-beneficia#:~:text=El%20factor%20de%20potencia%20es%20una%20medida%20de%20la%20eficiencia,requerida%20para%20transformar%20en%20trabajo\)](https://www.risoul.com.mx/blog/que-es-el-factor-de-potencia-y-en-que-me-beneficia#:~:text=El%20factor%20de%20potencia%20es%20una%20medida%20de%20la%20eficiencia,requerida%20para%20transformar%20en%20trabajo))
- [35]. “Catálogo de Siemens”. 2023. Disponible en: <https://www.tme.eu/Document/2b93b8bd57bfd8afe22980518f878f71/5SL-2014-EN.pdf>
- [36]. “Tipo de curva”. 2012. Disponible en: <https://www.profetolocka.com.ar/2019/04/18/entendiendo-las-curvas-de-disparo-de-los-interruptores-automaticos/132IF>
- [37]. “Mantenimiento de placas solares”. 2021. Disponible en: <https://ecoinventos.com/facturas-electricidad-altas-despues-de-instalar-energia-solar/>
- [38]. “Kilogramos de olivas por olivo”. 2022. Disponible en: <https://haciendaguzman.com/blogs/all/kilos-aceitunas-para-producir-litro-aceite#:~:text=Un%20olivo%20suele%20dar%20entre,el%20caso%20de%20productos%20go urnet>
- [39]. “Época de recogida de olivas”. 2020. Disponible en: <https://www.aceitesalbert.com/aceite-oliva/cuando-se-recogen-las-aceitunas/#:~:text=serie%20de%20variables,-.El%20per%C3%ADodo%20de%20recolecci%C3%B3n%20de%20la%20aceituna,per%C3%ADodo%20de%20octubre%20a%20diciembre.>
- [40]. IDEA. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- [41]. “Catálogo placas solares”. 2023. Disponible en: <https://www.solarelectricsupply.com/rec-225-watt-solar-panel-scm-225>
- [42]. “Horas de sol pico”. 2023. Disponible en: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/horas-de-sol-en-espana/>

- [43]. “Catálogo de cables de cobre”. 2023.Disponible en: <https://www.ilumitec.es/cable-unipolar-libre-halogenos-150-mm2-rz1k>
- [44]. “Catálogo de Inversor”. 2023.Disponible en: https://efectosolar.es/wp-content/uploads/2021/12/Fronius_TDS_Eco_25.0-3_27.0-3_ES.pdf
- [45]. “Catálogo de caja de protección”.2023.Disponible en: <https://es.rs-online.com/web/p/cajas-de-pared/2206397>

9. ANEXO I: VIABILIDAD ECONÓMICA DE LA INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS.

En este anexo, se tratará si la instalación de placas solares fotovoltaicas es viable económicamente o no. Se hará mediante el método VAN.

9.1 *ANÁLISIS PRESUPUESTARIO*

En el análisis se recopilarán los costes de toda la instalación, de los módulos, inversor, batería, etc.

9.1.1 MÓDULOS

La instalación está compuesta por 90 módulos fotovoltaicos. En este caso el modelo que se utilizará es REC SCM 225 y cada uno de ellos cuesta 90 €, por ende, el coste total asciende a 8.100 €.

9.1.2 INVERSOR

El inversor que se utilizará en esta instalación es Inversor Fronius Eco 27.0-3-S Light. Solo se utilizará un inversor y su coste es 3.490 €.

9.1.3 BATERÍA

La batería que se ha escogido es muy grande y su coste es muy elevado, por eso se pone en duda que sea esencial en la instalación. Su coste es de 32.000 € y su modelo es BAE 3750.

9.1.4 CABLEADO

El cableado elegido es de cobre con una sección de 150 mm². Su modelo es RZ1 EXZHELLENT y su coste por metro es de 27 €. El coste total del cableado en la instalación será de 675 €, ya se supone que habrá 25 metros de cableado.

9.1.5 CAJA DE PROTECCIÓN

La instalación cuenta con una caja de protección de modelo IP66⁶⁹ y su coste es de 326 €.

9.1.6 INVERSIÓN INICIAL PARA LA INSTALACIÓN

La inversión inicial juega un papel muy importante a la hora de estudiar la viabilidad económica.

Módulos	8.100 €
Inversor	3.490 €
Batería	32.000 €
Cableado	675 €
Caja de protección	326 €
PRESUPUESTO TOTAL	44.591 €
PRESUPUESTO TOTAL SIN BATERÍA	12.591 €

Tabla 72: Presupuesto de la instalación. Elaboración propia.

Como vemos en la tabla 74, la instalación inicial asciende a una cifra de 44.591 €. Realmente nos planteamos si la instalación de la batería sale rentable, ya que es un coste muy elevado por el mero hecho de conservar la energía. El tiempo que se tardaría en recuperar la inversión de la batería, sin tener una función fundamental, es muy elevado. Es por ello que se ha tomado la decisión de no incorporar la batería a la instalación. Por ello, el coste de la inversión inicial es de 12.591 €.

⁶⁹ rs-online (2023)

También se ha de tener en cuenta el mantenimiento del sistema, la media es de 150 € por bloque, por lo que, si tenemos 9 bloques en paralelo, podemos estimar unos 1350 € de mantenimiento al año.

En este presupuesto no se ha tenido en cuenta gastos adicionales, por lo que supondremos que los gastos imprevistos serán equivalentes al 5% de la inversión inicial.

En conclusión, la inversión inicial asciende a 14570,55 €.

9.2 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD

Para calcular el ahorro al mes, se ha accedido a una factura Italia, en este caso he estado viviendo un año en Italia y 1 kWh cuesta 0,36 €. La factura es de la compañía sorgenia. En la tabla 75 se muestra el ahorro que se procederá sobre la factura de la luz. En caso de que la producción ascienda al consumo, se tendrá en cuenta el consumo ya que la energía sobrante se va a la red eléctrica.

Mes	Producción [kWh]	Consumo (kWh)	Ahorro
enero	1206,794635	4600,214	434,4460687
febrero	1695,56809	4155,032	610,4045123
marzo	2815,854149	4602,074	1013,707494
abril	3503,597328	4453,62	1261,295038
mayo	4424,913662	4602,074	1592,968918
junio	4736,344536	4453,62	1603,3032
julio	4961,266834	4602,074	1656,74664
agosto	4290,82537	4602,074	1544,697133
septiembre	3114,308736	4453,62	1121,151145
octubre	2212,456831	4602,074	796,4844592
noviembre	1362,510072	4582,62	490,5036259
diciembre	1072,706342	4602,074	386,1742833

Tabla 73: Ahorro mensual. Elaboración propia.

El ahorro es de 12511 € ya que este último año la luz ha ascendido un 20%, viendo que el ahorro es tan grande al instalar placas solares fotovoltaicas es muy viable instalar la batería. A este ahorro hay que quitarle los 1350€ de mantenimiento, por lo que el ahorro anual es de 11161 €.

9.3 FLUJOS DE CAJA

Para realizar los flujos de caja de la instalación, se debe de tener en cuenta los siguientes puntos:

- La vida útil de las placas solares es de 15 años.
- Se considerará el mismo ahorro cada año, ya que no se sabe si el precio de la luz ascenderá o disminuirá.

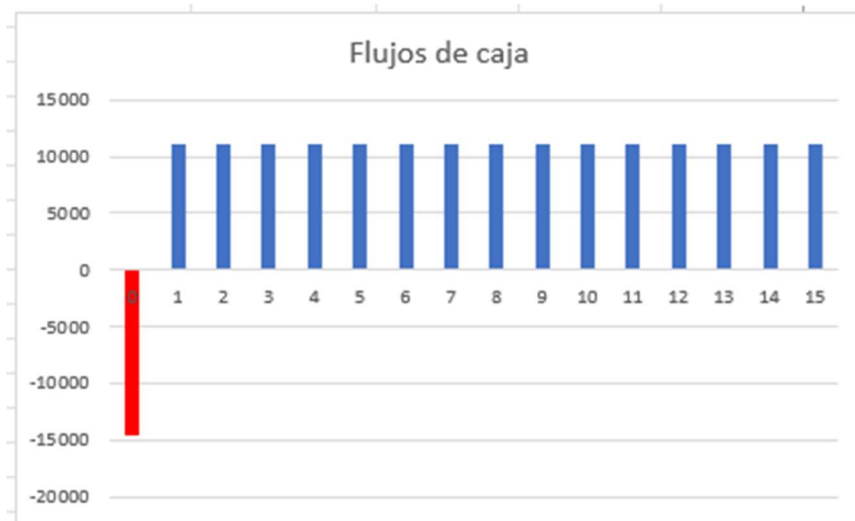


Ilustración 45: Flujos de caja. Elaboración propia.

La inversión inicial se recupera el segundo año, es decir, el año de retorno de la inversión es el segundo. Como se puede ver, es una inversión muy fructuosa.

9.4 MÉTODO VAN

Se analizará, mediante el método VAN (Valor Actual Neto) la viabilidad de la inversión. El VAN es una técnica de análisis financiero que se utilizara para calcular el valor de los flujos generados por un proyecto o inversión.

El cálculo que se tiene que realizar para llevar a cabo este método es el siguiente:

$$VAN = \frac{FC_1}{(1+d)^1} + \frac{FC_2}{(1+d)^2} + \frac{FC_3}{(1+d)^3} \dots + \frac{FC_N}{(1+d)^N} - INV$$

Ecuación 44: Método VAN

Donde:

- FC es el flujo de cada año
- INV es la inversión inicial
- d es la tasa de descuento anual (10%)
- N es el número de años, en este caso es 15 años.

$$VAN = \frac{11161}{(1+0,1)^1} + \frac{11161}{(1+0,1)^2} + \frac{11161}{(1+0,1)^3} + \dots + \frac{11161}{(1+0,1)^{15}} - 14570,55 = 70320,9\text{€}$$

A través del método VAN, queda reflejado que la inversión en la instalación fotovoltaica es rentable. El año de retorno vuelve a ser el segundo con un VAN final de 70320 €.

9.5 CONCLUSIÓN DE LA VIABILIDAD ECONÓMICA

En conclusión, es obvio que es muy rentable tanto a medio/largo plazo instalar placas fotovoltaicas. Siendo el año de retorno de la inversión el segundo y llegando a ahorrar 70.000 €. Por lo que, lo más recomendable es instalar las placas fotovoltaicas.