



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL – ICAI

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Redimensionamiento de la red eléctrica de la Escuela Secundaria Ignacio de Loyola (ESIL), Tsangano, Mozambique

Autor: Álvaro Manrique Ortiz

Directora: D^a María del Mar Cledera Castro

Madrid, a 18 de julio de 2019

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1ª. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor D. Alvaro Manrique Cortiz

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: Redimensionamiento de la red eléctrica de ESIL, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2ª. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3ª. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar "marcas de agua" o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4ª. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5ª. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- Garantizar que el cumplimiento que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- Assumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e

intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6°. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 17 de julio de 2019

ACEPTA

Fdo. 

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

A mi familia

ÍNDICE

RESUMEN DEL PROYECTO	9
PROJECT SUMMARY.....	13
CAPÍTULO 1: MEMORIA.....	20
1. Objetivos y motivación	20
1.1. Objetivo	20
1.2. Motivación.....	20
1.3. Dificultades encontradas durante el proyecto	20
2. República de Mozambique.....	21
2.1. Historia y geografía	21
2.1.1. Política y economía	25
2.2.1 Política Interior	25
2.2.2 Política exterior.....	26
2.2. Clima	28
2.3. Sector energético	28
2.3.1. Energía Solar (fotovoltaica).....	33
2.3.2. Energía hidráulica	33
2.3.3. Energía eólica.....	34
3. Beneficios de la electrificación	35
4. Microrredes	37
5. Generación de electricidad en microrredes	39
5.1. Generación fotovoltaica.....	39
5.2. Generación eólica	43
5.3. Grupos electrógenos	46
5.4. Generación microhidráulica	47
5.5. Biomasa y biocombustibles.....	48
6. Normativa vigente en Mozambique.....	50
CAPÍTULO 2: LOCALIZACIÓN Y CONTEXTO DEL PROYECTO	51
1. Emplazamiento	51
2. La escuela.....	54
2.1. Dimensiones de la escuela	55
2.2. Situación eléctrica actual de la ESIL.....	60
2.2.1. Estimación de consumos	66
2.2.2. Estado actual del abastecimiento eléctrico	68

2.2.3.	Distribución actual de generación fotovoltaica y grupos electrógenos	69
2.2.4.	Distribución óptima de generación fotovoltaica y grupos electrógenos.....	70
2.2.5.	Ahorro energético frente al consumo actual	71
2.3.	Análisis de necesidades futuras	75
CAPÍTULO 3: CÁLCULOS.....		78
1.	Dimensionado del sistema solar FV	78
2.	Dimensionado del sistema de bombeo de agua.....	90
CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE VIABILIDAD		92
1.	Análisis de las distintas alternativas planteadas	92
1.1.	Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita	93
1.2.	Opción 2. Propuesta planteada en el proyecto	97
1.3.	Comparativa de las opciones planteadas	101
2.	Alternativas para la electrificación rural	102
2.1.	Microrred con generación eólica.....	102
2.2.	Microrred con generación mini-hidráulica	102
2.3.	Extensión de la red eléctrica a zonas aisladas	103
3.	Plan de mantenimiento de instalaciones aisladas de la red	103
3.1.	Mantenimiento de la instalación solar FV	104
3.2.	Mantenimiento de los grupos electrógenos.....	106
CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO		107
1.	Introducción.....	107
2.	Hipótesis de Partida	107
2.1.	Coste del combustible.....	107
2.2.	Elección del medio de transporte.....	108
2.3.	Otras Hipótesis de partida	111
3.	Proyecciones financieras.....	112
ANEXOS		116
1.	Esquema eléctrico de la instalación	116
2.	Consumos	124
2.1.	Consumos actuales en situación normal	124
2.2.	Consumos actuales en situación de emergencia	129
2.3.	Consumos situación mejorada	133
2.4.	Consumos futuros	143
3.	Factor de corrección K.....	145

4.	Distribución generación FV vs grupos diésel	146
5.	Cálculos.....	148
5.1.	Dimensionado de baterías	148
5.2.	Dimensionado del regulador de carga.....	148
5.3.	Dimensionado del inversor	149
5.4.	Cableado	150
6.	Peso de conductores	153
7.	Tarifa de transporte	155
	Índice de tablas	158
	Índice de figuras	160
	Agradecimientos	161
	Bibliografía	162

RESUMEN DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

La vida, tal y como se conoce, sería impensable sin dos recursos esenciales: el agua y la energía. Debido a ello el acceso a agua y energía son, en teoría, un derecho de todo ser humano. No obstante, esta situación difiere mucho de la realidad, donde millones de personas viven con la ausencia de estos recursos tan necesarios para superar la pobreza.

Concretamente, en el África subsahariana se concentra la mayor parte de esta pobreza, con un total de 831 millones de personas, distribuidas a lo largo de 47 países de gran diversidad. Diversos en cultura, lenguaje, tamaño, población y nivel de desarrollo. A pesar de esta gran pluralidad, se trata de una de las zonas más castigadas a nivel mundial, en la que un tercio de la población no sabe leer ni escribir. Dentro de esta región, alrededor de 340 millones de personas no cuentan con acceso a agua potable y más de 600 carecen de conexión eléctrica. Esta situación se agrava mucho más en zonas rurales, donde tan solo un 45% de la población tienen acceso al suministro eléctrico.

Es esta falta de recursos uno de los factores que más favorece el subdesarrollo social y económico de esta parte del continente africano.

Mozambique, un país localizado en el África Oriental, en las costas del Océano Índico, no se salva de esta realidad. Se trata de un país que, aunque actualmente en crecimiento, cuenta con uno de los niveles más altos de pobreza. Esta pobreza se hace latente en gran cantidad de sectores, como el energético, con un 75% de población sin acceso a electricidad.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este proyecto nace de la necesidad de combatir esta situación de pobreza e intentar luchar contra las desigualdades sufridas por la población de las zonas rurales, especialmente de los colectivos más vulnerables como son las mujeres y niños/as.

El proyecto tiene lugar en la escuela – internado San Ignacio de Loyola (ESIL), perteneciente a la Comunidad Jesuita mozambiqueña y localizada en la provincia de Tete, en la parte centro – norte del país, en una zona rural y completamente aislada.

Como objetivo final se busca mejorar las condiciones de vida de los estudiantes con el fin de que obtengan una educación de calidad que les de oportunidades en el futuro de acceder a un trabajo cualificado. Esto no sería posible sin unas instalaciones completas y eficientes, lo que pasa por contar con un sistema eléctrico fiable y estable. Este se basará en la generación eléctrica a través sistemas mixtos compuesto por paneles solares FV y grupos electrógenos.

La situación de la ESIL favorece en gran medida el uso de este tipo de instalaciones, contando con un gran número de horas de sol durante gran parte del año.

Actualmente la ESIL está formada por un total de 4 edificios: colegio, internado masculino y femenino, casa de jesuitas y casa de profesores y profesoras. No obstante, al encontrarse en constante crecimiento y con vistas a satisfacer las necesidades futuras, en el corto – medio plazo se prevé la incorporación de nuevos edificios. Primeramente, un edificio de cocinas, un almacén y unas casas familiares donde alojar a las familias de los profesores. Por otra parte, se plantea la apertura de un pequeño centro médico para atender las necesidades sanitarias básicas de los estudiantes y profesores.

La escuela a día de hoy cuenta con un sistema solar FV compuesto por 51 módulos solares, 40 baterías de gel, 3 inversores y 3 reguladores de carga. Este sistema, como se verá a lo largo del proyecto, no será capaz de abastecer todas las necesidades de la escuela. Esta carencia en el sistema eléctrico desemboca en un funcionamiento irregular de las actividades de la escuela e internado, lo que afecta de manera directa en el rendimiento de los estudiantes.

El presente proyecto tiene como objetivo el análisis de las necesidades de la ESIL desde un punto de vista energético. Este análisis no solo se centra en el corto plazo, sino también pensando en las necesidades futuras de la escuela, en constante crecimiento. De este modo, en base a las exigencias observadas, se presentarán una serie de soluciones que abarquen tanto aspectos técnicos, sociales y económicos.

Así, en colaboración con la Comunidad Jesuita, se han planteado distintas alternativas que permiten solucionar esta carencia energética previamente mencionada. Por una parte, la propia Comunidad jesuita ha presentado una posible solución, la cual se ha intentado mejorar por parte del alumno. De este modo, una vez proyectadas ambas opciones, se procede a analizarlas y compararlas con el objetivo de conocer cuál de ellas se adapta mejor a las necesidades de la escuela.

Las dos alternativas planteadas se muestran a continuación:

Opción 1. Alternativa planteada por la Comunidad Jesuita

Un sistema solar FV propio para abastecer las necesidades de la casa de jesuitas, de manera que tengan independencia energética del resto de la escuela

Sistema solar FV para cada una de las cinco casas familiares, de modo que cada familia sea responsable del mantenimiento del mismo

Un sistema solar FV que abastezca las necesidades del nuevo edificio de cocinas

Emplear el sistema solar FV actual para alimentar los consumos de la escuela, internado, almacén, actuales casas de profesores y bombeo de agua

Opción 2. Alternativa planteada por el alumno

Mantener el sistema solar FV actual, que alimenta la casa de jesuitas, el edificio de la escuela, el internado y la casa de profesores

Empleo de paneles solares independientes para la alimentación de bombas de agua

Un sistema solar FV para el nuevo edificio de cocinas y almacenes

Un sistema solar FV centralizado para las cinco casas familiares

Empleo de un sistema basado en biodigestores para la producción de gas para las cocinas

Una vez planteadas dichas alternativas se estudia la hipotética instalación de cada una de ellas, con el fin de saber si son o no viables desde un punto de vista técnico, económico y social.

RESULTADOS

En función de lo indicado anteriormente, se ha realizado un estudio para conocer que porcentaje de la demanda deberá ser suministrado por los grupos electrógenos y cuál por el sistema solar FV, tal como se muestra a continuación:

	Generación [kWh/día]	Generación Solar [kWh/día]	Generación diésel [kWh/día]
Opción 1	39,64	16,64	23
Opción 2	38,90	15,30	23,60

Es importante destacar la ausencia en Mozambique de un reglamento que regule este tipo de instalaciones, por lo que se ha seguido en todo momento los reglamentos existentes en España, principalmente el ITC-BT 06 e ITC-BT-19, así como el reglamento para instalaciones fotovoltaicas establecido por el IDAE.

Se incluye a continuación la cantidad de elementos que componen el sistema de generación mixto (energía solar FV + grupos generadores diésel) para cada una de las alternativas planteadas.

Opción 1. Alternativa planteada por la Comunidad Jesuita		
Elemento		Cantidad
Grupo Generador diésel 50 kVA		1
Grupo Generador diésel 60 kVA		1
Grupo Generador gasolina 10.4 kVA		1
Paneles solares FV 260W		93
Baterías 200Ah		55
Inversores 1kVA		7
Inversores 3.5kVA		3
Reguladores de carga 70A		7
Reguladores de carga 100A		8
Cableado	Cobre [m]	76,8
	Aluminio [m]	3.321

Elemento		Cantidad
Grupo Generado diésel 50 kVA		1
Grupo Generador diésel 60 kVA		1
Grupo Generador gasolina 10.4 kVA		1
Paneles solares FV 260W		87

Baterías 200Ah		56
Inversores 500VA		2
Inversores 1kVA		1
Inversores 3.5kVA		4
Reguladores de carga 35A		2
Reguladores de carga 70A		4
Reguladores de carga 100A		8
Cableado	Cobre [m]	45,9
	Aluminio [m]	2.542

Como puede observarse de las anteriores tablas, el sistema planteado en la primera de las alternativas supone el empleo de un mayor número de elementos. Se tratará por tanto de un sistema más robusto e independiente, desde un punto de vista técnico. No obstante, es importante no olvidar que en todo proyecto se debe conseguir cumplir tanto los objetivos técnicos como los económicos. Es por ello que la segunda alternativa, planteada por el alumno, se ajusta más a las necesidades técnicas y económicas de la ESIL.

Este sistema, tal y como se verá a lo largo del proyecto, permitirá un acceso a la electricidad de manera robusta y fiable, ajustándose a su vez al presupuesto limitado de la escuela.

Por tanto, una vez dimensionado el sistema para cada una de las alternativas planteadas, se procede a su análisis financiero.

ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

La inversión inicial de la instalación, así como su rentabilidad, dependerán en gran medida de la cantidad de elementos empleados en el sistema.

De este modo, se ha realizado un análisis financiero para cada una de las dos alternativas anteriormente planteadas, de tal modo que se pueda realizar una comparativa entre ambas con el fin de determinar cuál es la más rentable desde un punto de vista económico.

Este análisis financiero se ha ejecutado en función del VAN y obteniendo el *cash flow* de la instalación, alcanzando los siguientes resultados:

OPCIÓN 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	46.581,10 €
Paneles solares FV	7.224,00 €
Baterías	17.545,00 €
Inversores	2.212,00 €
Reguladores de carga	8.600,00 €
Elementos de cableado y protección	11.000,10 €
TRANSPORTE	424,40 €

INSTALACIÓN DE EQUIPOS	440,00 €
-------------------------------	-----------------

PRESUPUESTO INICIAL TOTAL	94.026,60 €
----------------------------------	--------------------

MANTENIMIENTO MEDIO ANUAL DE EQUIPOS	100,00 €
---	-----------------

OPCIÓN 2. Alternativa planteada por el alumno

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS	41.950,75 €
-------------------------------	--------------------

Paneles solares FV	6.192,00 €
Baterías	17.864,00 €
Inversores	1.252,00 €
Reguladores de carga	7.550,00 €
Elementos de cableado y protección	9.092,75 €

TRANSPORTE	385,08 €
-------------------	-----------------

INSTALACIÓN DE EQUIPOS	400,00 €
-------------------------------	-----------------

PRESUPUESTO INICIAL TOTAL	84.686,58 €
----------------------------------	--------------------

MANTENIMIENTO MEDIO ANUAL DE EQUIPOS	100,00 €
---	-----------------

CONCLUSIONES

En base al estudio financiero realizado para cada una de las alternativas planteadas a lo largo del proyecto, **se concluye que la opción propuesta por el alumno es la que mejor se ajusta tanto a las condiciones económicas del proyecto como a las especificaciones técnicas del mismo.**

De este modo, la Escuela Secundaria Ignacio de Loyola deberá realizar una **inversión inicial de 84.686,58 €** para la compra e instalación de equipos necesarios para suplir de manera suficiente la demanda diaria de la ESIL. Así, el **VAN obtenido en esta opción es de -88.072,10 €.**

Este gasto está exento de parte de los equipos, principalmente de aquellos con los que ya cuenta la ESIL, como los grupos generadores diésel o parte del sistema solar FV (paneles, reguladores de carga, etc.).

PROJECT SUMMARY

INTRODUCTION

Life, as it is known, would be unthinkable without two essential resources: water and energy. Due to this, access to water and energy are, in theory, a right of every human being. However, this situation differs a lot from reality, where millions of people live with the absence of these resources so necessary to overcome poverty.

Specifically, in sub-Saharan Africa most of this poverty is concentrated, with a total of 831 million people, spread across 47 countries of great diversity. Diverse in culture, language, size, population and level of development. Despite this great plurality, it is one of the most punished areas in the world, where one third of the population cannot read or write. Within this region, around 340 million people do not have access to potable water and more than 600 lack an electrical connection. This situation gets worse much more in rural areas, where only 45% of the population has access to electricity.

This lack of resources is one of the factors that most favours the social and economic underdevelopment of this part of the African continent. Mozambique, a country located in East Africa, on the shores of the Indian Ocean, is not spared from this reality. It is a country that, although currently growing, has one of the highest levels of poverty. This poverty is latent in a large number of sectors, such as energy, with 75% of the population without access to electricity.

WORK METHODOLOGY

This project arises from the need to combat this situation of poverty and trying to fight against the inequalities suffered by the population of rural areas, especially the most vulnerable groups such as women and children.

The project takes place in the boarding – school San Ignacio de Loyola (ESIL), belonging to the Mozambican Jesuit Community and located in the province of Tete, in the north part of the country, in a rural and completely isolated area.

The ultimate goal is to improve the living conditions of students in order to obtain a quality education that gives them opportunities in the future to access to a qualified job. This would not be possible without a complete and efficient installation, which involves having a reliable and stable electrical system. This will be based on the generation of electricity through mixed systems composed of solar PV panels and generators.

The situation of the ESIL greatly favours the use of this type of facilities, with a large number of sunny hours during a large part of the year.

ESIL currently consists of a total of 4 buildings: school, male and female boarding school, house of Jesuits and house of teachers. However, as it is constantly growing and with a view to meeting future needs, the incorporation of new buildings is foreseen in the short - medium term. Firstly, a kitchen building, a warehouse and some family houses where some teachers and their families could be installed. On the other hand, the opening of a small medical center to meet the basic health needs of students and teachers.

The school today has a solar PV system composed of 51 solar modules, 40 gel batteries, 3 inverters and 3 charge controllers. This system, as will be seen throughout the project, will not be able to supply all the needs of the school. This lack in the electrical system leads to an irregular operation of school and boarding school activities, which directly affects student performance.

The objective of this project is to analyse the needs of ESIL from an energy point of view. This analysis not only focuses on the short term, but also thinking about the future needs of the school, in constant growth. In this way, based on the requirements observed, a series of solutions will be presented that cover both technical, social and economic aspects.

Thus, in collaboration with the Jesuit Community, different alternatives have been proposed to solve this aforementioned energy shortage. On the one hand, the Jesuit community itself has presented a possible solution, which has been tried to improve by the student. In this way, once both options have been projected, we proceed to analyse and compare them with the objective of knowing which of them best suits the needs of the school.

The two proposed alternatives are shown below:

Option 1. Alternative proposed by the Jesuit Community

An own solar PV system to supply the needs of the house of Jesuits, so that they have energy independence from the rest of the school

Solar PV system for each of the five family houses, so that each family is responsible for the maintenance

A solar PV system that caters to the needs of the new kitchen building

Use the current solar PV system to feed the consumption of the school, boarding school, warehouse, current teachers' houses and water pumping

Option 2. Alternative proposed by the student

Maintain the current solar PV system, which feeds the house of Jesuits, the school building, the boarding school and the teachers' house

Use of independent solar panels for feeding water pumps

A solar PV system for the new kitchen and storage building

A centralized solar PV system for the five family houses

Use of a system based on biodigesters for the production of gas for kitchens

Once these alternatives are considered, the hypothetical installation of each of them is studied, in order to know whether or not they are viable from a technical, economic and social point of view.

RESULTS

Based on the above, a study has been carried out to know what percentage of the demand should be supplied by the generating sets and which by the solar PV system, as shown below:

	Generation [kWh/día]	Solar Generation [kWh/día]	Diesel Generation [kWh/día]
Option 1	39,64	16,64	23
Option 2	38,90	15,30	23,60

It is important to note the absence in Mozambique of a regulation that regulates this type of facilities, which is why the existing regulations in Spain have been followed at all times, mainly ITC-BT 06 and ITC-BT-19, as well as the regulations for photovoltaic installations established by the IDEA.

The number of elements that make up the mixed generation system (solar energy PV + diesel generation groups) for each one of the proposed alternatives is included below.

Option 1. Alternative proposed by the Jesuit Community

Element		Quantity
Diesel Generator Group 50 kVA		1
Diesel Generator Group 60 kVA		1
Petrol Generator Group 10.4 kVA		1
PV Solar Panels 260W		93
Batteries 200Ah		55
Inverters 1kVA		7
Inverters 3.5kVA		3
Charge Regulators 70A		7
Charge Regulators 100A		8
Cabling	Copper [m]	76,8
	Aluminium [m]	3.321

Option 2. Alternative proposed by the student

Element		Quantity
Diesel Generator Group 50 kVA		1
Diesel Generator Group 60 kVA		1
Petrol Generator Group 10.4 kVA		1
PV Solar Panels 260W		87
Batteries 200Ah		56
Inverters 500VA		2
Inverters 1kVA		1
Inverters 3.5kVA		4
Charge Regulators 35A		2
Charge Regulators 70A		4
Charge Regulators 100A		8
Cabling	Copper [m]	45,9
	Aluminium [m]	2.542

As can be seen from the previous tables, the system proposed in the first of the alternatives involves the use of a greater number of elements. Therefore, it will be a more robust and independent system, from a technical point of view.

However, it is important not to forget that in every project it is necessary to achieve both technical and economic objectives. That is why the second alternative, proposed by the student, is more adjusted to the technical and economic needs of ESIL.

This system, as will be seen throughout the project, will allow access to electricity in a robust and reliable manner, adjusting in turn to the limited budget of the school. Therefore, once the system has been dimensioned for each one of the proposed alternatives, it is analysed financially.

ECONOMIC ANALYSIS

The initial investment of the installation, as well as its profitability, depends to a great extent on the number of elements used in the system.

In this way, a financial analysis has been carried out for each of the two alternatives outlined above, in such a way that a comparison between both can be made in order to determine which is the most profitable from an economic point of view.

This financial analysis was carried out according to the NPV and obtaining the cash flow of the installation, achieving the following results:

OPTION 2. Alternative proposed by the Jesuit Community

ADQUISITON OF EQUIPMENTS	46.581,10 €
PV Solar Panels	7.224,00 €
Batteries	17.545,00 €
Inverters	2.212,00 €
Charge Regulators	8.600,00 €
Wiring and protection elements	11.000,10 €
TRANSPORT	424,40 €
INSTALLATION OF EQUIPMENT	440,00 €
TOTAL INITIAL BUDGET	94.026,60 €
ANNUAL AVERAGE MAINTENANCE	100,00 €

OPTION 2. Alternative proposed by the student

ADQUISITION OF EQUIPMENTS	41.950,75 €
PV Solar Panels	6.192,00 €
Batteries	17.864,00 €
Inverters	1.252,00 €
Charge Regulators	7.550,00 €
Wiring and protection elements	9.092,75 €
TRANSPORT	385,08 €
INSTALLATION OF EQUIPMENT	400,00 €
TOTAL INITIAL BUDGET	84.686,58 €
ANNUAL AVERAGE MAINTENANCE	100,00 €

CONCLUSIONS

Based on the financial study carried out for each of the long – term alternatives proposed for the project, it is concluded that the option proposed by the student is the one that best fits both the economic and technical conditions.

Thus, the Ignacio de Loyola Secondary School must take an initial investment of 84.686,58 € for the purchase and installation of equipment necessary to adequately meet the daily demand of the ESIL. Thus, the NPV obtained in this option is -88.072,10 €.

This cost is exempt from part of the equipment, mainly those with which ESIL already has, such as diesel generator or part of the PV system (panels, charge regulators, etc.).

CAPÍTULO 1: MEMORIA

1. Objetivos y motivación

1.1. Objetivo

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño de las mejoras de las instalaciones para que la Escuela Secundaria Ignacio de Loyola (ESIL) tenga un suministro de agua y electricidad estable y de calidad además de un amplio estudio de viabilidad económica.

El actual suministro eléctrico se basa en un sistema mixto compuesto por paneles solares fotovoltaicos y grupos electrógenos cuya capacidad ha sido desbordada. Por tanto, nace la necesidad de realizar un redimensionamiento del sistema atendiendo no solo a las necesidades actuales sino también el futuro crecimiento de la escuela.

1.2. Motivación

La participación en este proyecto toma forma a lo largo de mi formación como ingeniero. Se presenta como una oportunidad de aplicar los conocimientos, tanto académicos como humanos, a un problema tan amplio e importante como la escasez de un producto primario como es la energía en numerosas zonas de África y los inconvenientes que esto acarrea.

Sin duda alguna, existe un grave problema de electrificación de zonas rurales en el África Subsahariana, más aún en un país tan pobre como Mozambique. Esta escasez de energía se refleja directamente en su nivel de pobreza.

Parece una utopía facilitar el acceso a la energía de los mil trescientos millones de personas en el mundo que carecen de acceso a electricidad. Sin embargo, según datos de la Agencia Internacional de la Energía, con solo el 3% adicional de las inversiones mundiales previstas en energía hasta el año 2030 se alcanzaría el acceso universal de la misma.

Esta escasez, como siempre, afecta a los colectivos más vulnerables. Es por esto que cobra sentido este proyecto, donde se busca aumentar el nivel de electrificación de un colegio – orfanato situado en una zona aislada. Un incremento en los niveles de electrificación supondrá un salto cualitativo en la vida de los jóvenes, ampliando sus opciones a nivel educativo (iluminación de centros, electrificación para uso de ordenadores o acceso a internet), salud (refrigeración de vacunas y medicamentos o equipamiento sanitario eléctrico), bombeo de agua (suministro de agua para consumo humano, agricultura, ganadería y otras actividades productivas) o comunicación (telefonía fija y móvil, radio o televisión).

1.3. Dificultades encontradas durante el proyecto

A continuación, se nombran algunos de los numerosos problemas acontecidos durante la elaboración del proyecto. Cabe destacar la diferencia entre realizar un proyecto sobre el papel y realizarlo sobre el terreno, donde las dificultades aumentan exponencialmente.

Esta situación se hace aún más palpable en un entorno como Mozambique, donde todo funciona de manera inesperada y donde, hasta la cosa más simple, nunca sale como fue planeada.

- Hábitos de consumo energético deficiente. Los usuarios no cuentan con educación sobre la eficiencia energética. Ello se demuestra en el uso de la electricidad: la gran mayoría de iluminación permanece todo el día encendida.
- Falta de planificación a la hora de instalar los sistemas vigentes. La mayor parte de ellos fueron importados desde Italia. Es por esto por lo que en caso de accidente es poco probable encontrar piezas de repuesto, así como personal capacitado para su reparación.

Un claro ejemplo de esto tuvo lugar durante la elaboración del proyecto. Durante una tormenta un rayo impactó en el sistema solar, dejando inutilizados los inversores. Tuvieron que comprar nuevos modelos ante la imposibilidad de reparación de los dañados.

- Escasez de información. Imposible encontrar documentación básica necesaria para elaborar cualquier proyecto de agua, tales como cartografía e hidrografía del terreno.
- Falta de planificación. Numerosos problemas con el visado que nos obligaron a sacar varios de ellos y que, finalmente, nos forzó a abandonar el país. Esto no solo se traduce en una pérdida de tiempo sino también de dinero.
- Dificultad de desplazamiento. El no disponer de ningún medio de transporte fue un obstáculo a la hora de desplazarnos de un sitio a otro para poder encontrar información/ayuda para el proyecto.
- Fenómenos meteorológicos adversos. Durante nuestra estancia en el país sufrimos las consecuencias del ciclón IDAI, uno de los mayores desastres naturales que ha azotado al continente africano que si bien no afectó directamente al área de la escuela, si afectó a las autoridades administrativas del país, lo que retrasó aún más si cabe el proyecto.
- Dificultad de comprensión de proyecto por parte de la dirección del colegio, lo que obligó a implantar soluciones no óptimas desde el punto de vista técnico y económico pero que se adecuaban a las preferencias del usuario (la citada dirección).

2. República de Mozambique

2.1. Historia y geografía

Hace aproximadamente 3.000 años, pueblos de lengua bantú, procedentes del delta del Níger, comenzaron a desplazarse a través de la cuenca del Congo. En el transcurso de los siglos llegaron al este y sur de África, y hacia el siglo I d.C. alcanzaron el actual territorio de Mozambique, donde se dedicaron a la agricultura, pesca y ganadería¹.

Muchos de estos antiguos pobladores se organizaron en pequeños cacicazgos, algunos de los cuales se unieron, dando lugar a reinos de mayor tamaño, como fue el caso del reino Monomotapa, situado en la actual provincia de Tete.

El comercio floreció con la llegada de los árabes a las costas del país durante el siglo VIII. Los matrimonios mixtos entre árabes e indígenas de lengua bantú dieron lugar a la lengua swahili.

En el año 1482 Vasco de Gama desembarcó en la Isla de Mozambique de camino a las Indias. Una década después los portugueses ya se habían afincado en la isla y habían tomado el control de muchos otros puestos comerciales árabes-suajilis.

Durante los dos siglos siguientes los portugueses tomaron posesión de la mayor parte de las costas del país. La Isla de Mozambique se convirtió en la capital de la llamada África Oriental Portuguesa. A finales del siglo XVIII las principales fuentes de comercio fueron el marfil y el tráfico de esclavos, con más de un millón de africanos vendidos a través de los principales puertos del país, que se mantuvo hasta después de la abolición de la esclavitud de las colonias en 1869.

A principios del siglo XX, debido al comercio con Sudáfrica, la ciudad de Lourenço Marques (actual Maputo) ganó poderío económico, por lo que Portugal decidió establecer aquí su capital mozambiqueña.

A finales de la década de 1920, las condiciones de la población mozambiqueña empeoraron en gran medida, debido a la llegada al poder luso de Antonio Salazar, quien cerró las colonias a la inversión no portuguesa. La situación de descontento entre los habitantes de Mozambique iba en aumento, pero fue en el año 1960, tras la masacre de Mueda, lo que marcó un punto de inflexión. Tras esta matanza, en la que murieron cientos de civiles que protestaban pacíficamente por los fuertes impuestos a los que estaban sometidos, nacieron las primeras congregaciones políticas a favor de la independencia del país.

Estos grupos recibieron el apoyo de diversos gobiernos extranjeros, como el de la vecina Tanganika (actual Tanzania), naciendo así, en 1962 en Dar es-Salam, el *Frente pela Libertação de Moçambique* (FRELIMO), dirigido por Eduardo Chivambo Mondlane.

Mozambique, cuyo nombre oficial es República de Mozambique, es un país miembro de la *Commonwealth* y se encuentra situado en el sureste de África, en el África Oriental. Limita, en el sur, con Sudáfrica y Suazilandia, con Malawi, Zambia y Zimbabwe al oeste y con Tanzania al norte (ver imagen 1). Con una superficie de 799.380 km², es el decimosexto mayor país de África.

Para dar una idea de dimensión, la distancia entre las fronteras norte y sur del país es de aproximadamente 1.900 km, una distancia equivalente a la existente entre el estrecho de Gibraltar y Ámsterdam.



Ilustración 1. Mapa político - administrativo de la República de Mozambique. Fuente: *Google Images*

Su bandera consta de cinco colores: rojo, verde, amarillo, blanco y negro. Respecto a sus emblemas, la estrella amarilla simboliza el socialismo; el libro, refleja la educación mientras que la azada simboliza a los campesinos y agricultores; y el AK-47, la determinación del pueblo para defender y proteger su libertad (ver imagen 2).

Actualmente, es el único país del mundo con un arma de fuego como símbolo en su bandera. A pesar de que ésta simboliza la lucha por la libertad, desgraciadamente es un reflejo de la violencia armada que devastó al país durante su guerra civil.



Ilustración 2. Bandera de la República de Mozambique. Fuente: *Google Images*

Se trata de un país en actual crecimiento, más aun teniendo en cuenta las grandes reservas de gas natural que se han encontrado en su territorio. Este crecimiento se hace latente en su población, que se ha multiplicado en los últimos veinte años, alcanzando los veinticinco millones de habitantes (2015)².

La capital del país, Maputo, está situada al sur. La lengua oficial es el portugués, debido a la influencia durante la época colonial por parte de Portugal. No obstante, en función de la zona del país, se habla una u otra lengua nativa, entre las que destacan el *makuonde*, *makua* o *swahili*. En el norte, en la provincia de Tete, donde el proyecto tiene lugar, la lengua más hablada, además del portugués, es el *Chichewa*, lengua que comparten con gran parte de la población de Malawi.

La moneda oficial del país es el metical mozambiqueño (Mt). En la fecha en que este documento está escrito, el cambio es de 71 Mt = 1€.

La religión del país es de mayoría católica, con cerca de un 35% de la población, seguida de la musulmana, con alrededor del 30%, si bien es bastante común encontrar con creyentes de religiones locales tradicionales.

En cuanto a la forma de estado actual, la República de Mozambique se define como una república presidencialista, con separación de poderes y elecciones periódicas multipartidistas. Por otra parte, la organización territorial se basa en la división en once provincias (ver imagen 1), contando con la ciudad de Maputo, que consta de estatuto provincial.

Mozambique está regado por 25 ríos que desembocan en el océano Índico. El principal de ellos es el río Zambeze que, con 2574 km, es el cuarto mayor río de África tras el Nilo (6650 km), el Río Congo (4700 km), y el Río Níger (4180 km).

En general, se trata de un país poco accidentado, a excepción de alguna sierra como la de la *Gorongosa* en *Sofala* o la de los *Pequenos Libombos* al sur. También cuentan con picos aislados. La mayor elevación del país es el Monte *Binga*, localizado en la provincia de *Manica*, con una altura de 2.436 metros³. El país cuenta con 2.700 km de costas.

2.1.1. Política y economía

2.2.1 Política Interior

Tras el periodo de colonia portugués, iniciado en el siglo XVI y finalizado en el año 1975, Mozambique consiguió su independencia, aunque a un precio muy costoso ya que, tras la salida de los portugueses, estalló una guerra civil para alcanzar el poder. Esta contienda comenzó en 1977 y se alargó hasta el año 1992, tras la firma del tratado de paz en Roma.

En 1974 Portugal accedió a entregar el poder al FRELIMO que adoptó la ideología marxista-leninista⁴, estableciéndose un gobierno de transición. El 25 de junio de 1975 se proclamó la República de Mozambique. La guerra civil estalló cuando una facción del nuevo gobierno se separó, dando lugar al grupo rebelde de RENAMO (Resistencia Nacional de Mozambique). Este nuevo grupo encontró en un primer momento el apoyo logístico y financiero en el régimen racista de Rodesia del Sur, al cual también se unió el régimen del *apartheid* sudafricano, así como países occidentales: Estados Unidos, Portugal y Alemania Occidental⁵.

Por fin, tras 17 años de conflicto, con cientos de miles de muertos y casi 4 millones de desplazados, el 4 de octubre de 1992 se firmó en Roma un acuerdo general de paz y, en diciembre de ese mismo año, se inició una campaña de desarme y desmovilización bajo supervisión de la ONU que permitió que, en 1994, se celebrasen las primeras elecciones presidenciales democráticas. Estas concluyeron con una victoria por parte de FRELIMO, siendo su principal candidato, Joaquim Chissano, nuevo presidente de la República de Mozambique. No obstante, y a pesar del nuevo sistema democrático, las acusaciones de fraude electoral se repiten desde que FRELIMO ganó las primeras elecciones y todas las que han tenido lugar desde entonces.

Al igual que en 1994, FRELIMO volvió a vencer en las elecciones de 1999, si bien el margen fue mucho más estrecho.

En 2004, tras las nuevas elecciones generales a la presidencia del país, Armando Emilio Guebuza, principal candidato de FRELIMO, fue investido presidente, con más de un 60% de los votos.

En octubre de 2009 se celebraron por primera vez simultáneamente elecciones presidenciales, legislativas y provinciales. Al igual que en las anteriores citas, FRELIMO, de la mano de Armando E. Guebuza, obtuvo la victoria, alcanzando la mayoría absoluta en el parlamento.

La pérdida sucesiva de poder político de RENAMO coincidió con la aparición de un nuevo partido de oposición, el Movimiento Democrático de Mozambique (MDM), creado y dirigido por David Simango.

Debido a la pérdida de poder de RENAMO, decidió boicotear y no participar en las elecciones celebradas el 20 de noviembre de 2013. A pesar de ello, la jornada transcurrió con relativa calma, aunque en el ambiente se respiraba cierta tensión militar. FRELIMO

volvió a alzarse con el poder, pasando el MDM pasó a ser la segunda fuerza política país, contando con un amplio número de votos entre la juventud mozambiqueña.

Tras las elecciones generales de 2013 se volvieron a vivir episodios de violencia que cobraron mayor intensidad durante los primeros meses de 2016 en la zona centro-norte del país. Esto se vio agravado por el fracaso en el proceso de reinserción acordado en Roma en 1992, según el cual se llevaría a cabo un proceso de reforma del sector de seguridad, en el que los miembros de RENAMO serían reinsertados en las Fuerzas Armadas de Mozambique, así como en la vida social y económica del país.

Las negociaciones entre el presidente Guebuza y el líder de RENAMO, Afonso Dhlakama, el 4 de septiembre de 2004, desembocaron en un acuerdo de alto el fuego. Para supervisar el correcto transcurso de este acuerdo, se creó una misión de observación militar (EMOCHM) compuesta por expertos nacionales y extranjeros.

Este acuerdo, además, permitió la participación de RENAMO en las nuevas elecciones presidenciales celebradas el 15 de octubre de 2015, en las cuales FRELIMO volvió a alzarse con la victoria. Esta vez lo hizo de la mano de Filipe Jacinto Nyusi, actual presidente de la República de Mozambique. A pesar de que Nyusi consiguiese la mayoría absoluta en las elecciones legislativas, supuso un retorno de RENAMO como líder de la oposición, consiguiendo un 36,6% de los votos, mientras que el MDM tan solo consiguió un 6,7% de votos.

Las próximas elecciones tendrán lugar en octubre de 2019. Se espera que Nyusi vuelva a ser reelegido presidente de Mozambique. No obstante, la Unión Europea ha creado una misión de observación electoral para garantizar la transparencia y credibilidad de los comicios.

2.2.2 Política exterior

El gobierno de Mozambique, tras la independencia del país, mantuvo estrechas relaciones con países africanos en su misma situación. De este modo, el partido de FRELIMO ha mantenido posiciones de amistad con países de la región, como en el caso de Sudáfrica, debido a la postura *antiaptheid* que siguió.

De este modo, el país sudafricano se mantiene como principal socio comercial de la República de Mozambique. Cabe destacar la importancia que cobra el sector minero sudafricano ya que es una importante fuente de trabajo para los mozambiqueños.

Dentro de la política exterior que sigue el actual gobierno, resalta el importante papel que toma China. El gigante asiático, al igual que ha hecho a lo largo de la última década en países africanos como Zambia o Tanzania, ha realizado grandes inversiones en territorio mozambiqueño, convirtiéndose en su segundo mayor inversor. Esto queda plasmado en algunas de las principales y más modernas infraestructuras del país, como es el caso de las terminales nacional e internacional del aeropuerto de Maputo, el Estadio Nacional de Zimpeto o diversos edificios de índole gubernamental (Ministerio de Negocios Extranjeros o la Presidencia de la República).



Ilustración 3. Estadio Nacional de Zimpeto. Fuente: *Google Images*

Desde el año 2015 han entrado en juego potencias económicas, como el caso de India y Brasil, destacando sus inversiones en el sector energético y de salud, respectivamente.

Debido a lazos históricos entre los dos países, la presencia de Portugal es destacable en las inversiones realizadas en el país, estando muy presente en el ámbito empresarial, particularmente en el sector financiero y de la construcción. La relación entre ambos países ha ido mejorando a lo largo de los años, más aún después del año 2006, cuando Portugal cedió la titularidad de la central hidroeléctrica de *Cahora Bassa*. La central hidroeléctrica, con una producción de 2075 MW, se sitúa como la segunda mayor del continente africano y la quinta mayor del mundo, por lo que forma parte del orgullo de los mozambiqueños.



Ilustración 4. Central hidroeléctrica de Cahorra Bassa. Fuente: *HCB*

Con respecto al papel que toma España en las relaciones con el gobierno de Filipe J. Nyusi son principalmente en materia de cooperación, de la mano de la AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional). Destaca sobre el resto el centro de

investigación de salud (CISM, por sus siglas en portugués). Situado en Manhica, se ha convertido en un centro de referencia mundial en la lucha contra enfermedades como la malaria, el VIH o la tuberculosis. Además, saliendo del ámbito de la cooperación, sobresale la presencia de una empresa española en el sector pesquero. Este es el caso de Pescanova, a través de su filial local, Pescamar, con una facturación superior a los 44 millones de euros.



Ilustración 5. El rey Juan Carlos saluda al anterior presidente de Mozambique, Armando Guebuza, durante su visita a España en 2010. Fuente: *Ministerio de Asuntos Exteriores*

2.2. Clima

El clima de Mozambique es por lo general tropical y húmedo, debido principalmente por la influencia de los monzones del océano Índico y por la corriente caliente del canal de Mozambique.

Las estaciones se dividen en seca y húmeda. La estación seca varía de cuatro a seis meses en la zona norte mientras que en la zona sur del país se puede alargar hasta los nueve meses. Por otra parte, la temporada de lluvias tiene lugar entre octubre y abril.

Las temperaturas medias se sitúan alrededor de los 20°C en la zona sur del país, alcanzándose los 26°C en la zona norte. Si bien, en algunas zonas del norte del país superan los 40°C durante la temporada de lluvias.

2.3. Sector energético

El gran crecimiento demográfico que ha desarrollado el país no ha ido acompañado por otros sectores, como el energético. El país, con cerca de 30 millones de habitantes, marcó un consumo eléctrico en el año 2016 de 12 TWh, siendo un 75% del total que no cuenta con acceso a la electricidad⁶. De este porcentaje, la mayor parte se concentra en zonas rurales (tan solo el 27% de las zonas rurales cuentan con acceso a electricidad). Este escaso nivel de

electrificación está estrechamente ligado con el nivel de riqueza del país, situándose en el puesto 192 de una lista de 196 países⁷, elaborada según su PIB.

Con el objetivo de tener una visión general del actual estado del sector energético del país, se muestra a continuación una tabla donde se muestran las estadísticas sobre la generación y consumo a nivel nacional.

Descripción	Valor
Abastecimiento de energía primaria total (2014)	11636 ktep/ktoe
Producción de electricidad (2016)	18,75 TWh
Consumo de electricidad <i>per cápita</i> (2015)	203 kWh/per cápita
Capacidad eléctrica instalada (2017)	2905,45 MW de los cuales apenas 1045 MW están disponibles para consumo interno
Tasa de acceso a la electricidad (2016)	26,2%
Acceso a combustibles y tecnologías limpias para la cocción de alimentos (2014)	4,39%

Tabla 1. Perfil energético de Mozambique. Fuente: AIE 2017; EDM 2015; GTF 2017; Roche e Silva 2017

La siguiente figura muestra el desarrollo en la generación de energía primaria en Mozambique desde el año 1972 a 2014, donde cabe destacar el crecimiento exponencial que desarrolló a partir de 1997 coincidiendo con el final de los conflictos bélicos.

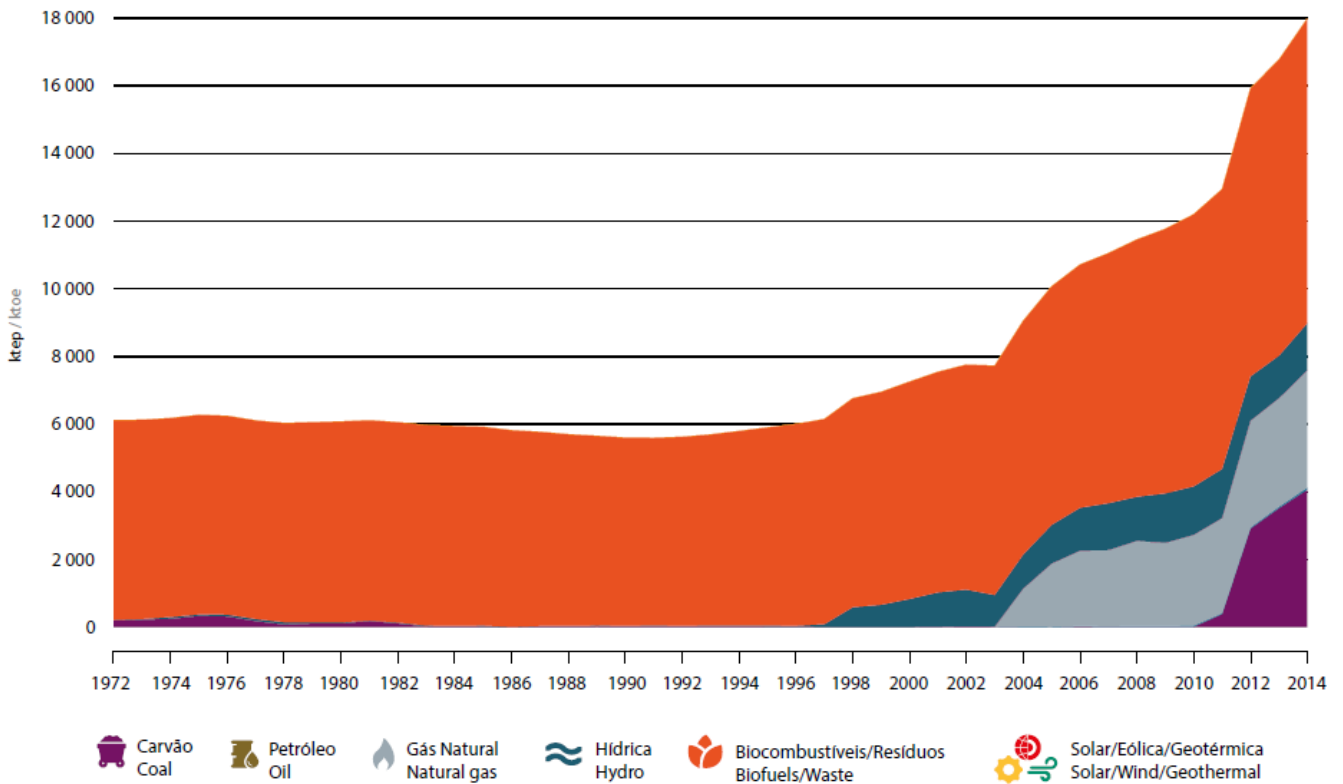


Ilustración 6. Producción de energía primaria en Mozambique. Fuente: IEA, 2017

Mozambique cuenta con un amplio abanico de recursos energéticos, entre los que no se puede marginar a las energías renovables, donde la biomasa se mantiene como principal fuente de energía. No obstante, la generación eléctrica ha ido ganando importancia desde el año 1997, año en el que la central hidroeléctrica de *Cahorra Bassa* volvió estar operativa.

En el siguiente gráfico se puede observar el porcentaje de energía primaria aportado por las distintas fuentes.

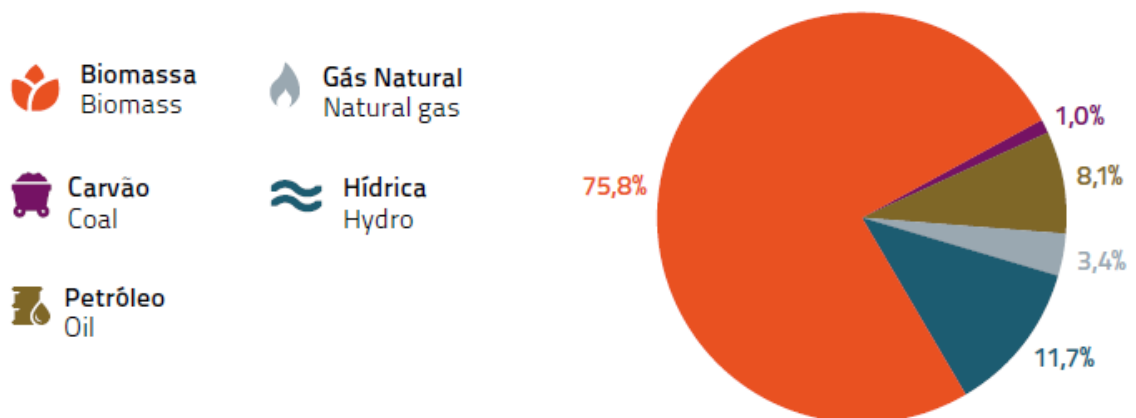


Ilustración 7. Porcentaje total de energía primaria por fuente. Fuente: IEA, 2017

Como puede observarse en la anterior figura, el papel de la generación hidroeléctrica toma un papel fundamental en el desarrollo del sector energético del país. Por otra parte, el descubrimiento de nuevos yacimientos de gas natural en territorio mozambiqueño ha abierto las puertas al crecimiento de esta fuente de energía. Concretamente, se han encontrado yacimientos en la provincia de Cabo Delgado, al norte del país, con unas reservas

confirmadas de 127,4 mil millones de metros cúbicos, siendo la cuarta mayor reserva de gas natural a nivel mundial.

Desde el año en que la central hidroeléctrica de *Cahorra Bassa* volviese a estar operativa, la generación eléctrica en Mozambique es, en su mayoría, hidráulica. La producción total alcanzó los 18.75 TWh en 2016. A pesar de la dominancia por parte del sector hidroeléctrico en la generación eléctrica, desde el año 2012 ha habido una modesta, pero en crecimiento, aportación de gas natural.

En el año 1979 se fundó la SADC (*Southern African Development Community*), un organismo internacional integrado por 15 países africanos (Angola, Botsuana, Lesoto, Madagascar, Malawi, Mauricio, Mozambique, Namibia, República Democrática del Congo, Seychelles, Sudáfrica, Suazilandia, Tanzania, Zambia y Zimbabue), encargado de asesorar en el ámbito económico, social y geográfico de los países miembros. La SADC ha pasado a tomar un papel fundamental en el sector energético, concretamente en energías renovables, así como en eficiencia energética. De este modo, la SADC ha centrado sus esfuerzos en dos áreas: mejorar el acceso a sistemas de energías modernos para comunidades aisladas e incrementar la seguridad y estabilidad del suministro energético, en general.

A pesar de los esfuerzos de diferentes organismos (como la SADC) y gobiernos para conseguir una diversificación de la energía, la biomasa constituye la principal fuente de energía en países del África subsahariana. Concretamente, en Mozambique, esta alcanza el 60% del consumo final de energía.

Esta fuente de consumo energético desemboca en otros problemas, como son el caso de la deforestación y los problemas de salud. El uso continuo de biomasa para cocinar y como método para calentar los hogares, sobre todo en zonas rurales, afecta a la calidad del aire respirado, ocasionando graves problemas respiratorios en la población. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 96% de los hogares mozambiqueños emplean combustibles fósiles para cocinar, lo que se traduce en 12.858 muertes al año por problemas respiratorios derivados, de los cuales 6.373 son niños.

Por tanto, expandir el acceso a fuentes más modernas de obtención de energía se ha vuelto una prioridad urgente.

Actualmente, la seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico de Mozambique es muy reducida, con numerosos cortes energéticos que afectan mayoritariamente a zonas rurales y de escasos recursos. Es por esto por lo que desde el gobierno y agencias como la SADC se están luchando por mejoras en las infraestructuras y redes del país, así como en las interconexiones con países vecinos. En la siguiente tabla se muestran las interconexiones más importantes existentes entre Mozambique y los países limítrofes.

Proyecto	Países conectados	Capacidad	Año de inicio	Estado actual
Cahora Bassa – Sudáfrica	Mozambique/Sudáfrica	535 kV DC	1997	En funcionamiento
Cahora Bassa – Zimbabwe	Mozambique/Zimbabwe	400 kV	1997	En funcionamiento
Motraco	Sudáfrica/Mozambique	2 x 400 kV	2000	En funcionamiento

Tabla 2. Principales interconexiones eléctricas de Mozambique. Fuente: SAPP (Annual Report 2015)

En el año 2002, debido a la necesidad existente entre muchos de los países pertenecientes a la SADC de un marco regulatorio para sus respectivos sectores energéticos, nace la RERA (*Regional Electricity Regulators Association*).

La energía producida por las centrales hidroeléctricas constituye, de largo, la principal fuente de generación eléctrica en Mozambique, principalmente a través de la central de *Cahorra Bassa*. No obstante, durante la última década, el interés en los sectores de la generación solar fotovoltaica y eólica han ido en aumento. A continuación, se muestra la capacidad de generación eléctrica a través de fuentes de energías renovables en el país.

Generación eléctrica (MW)						Total
Hidroeléctrica	Pumped Storage	Solar fotovoltaica	Eólica (onshore)	Biomasa	Biogas	
2186	0	1	0	0	0	2187

Tabla 3. Generación con fuentes renovables en Mozambique. Fuente: FUNAE, 2015

Nota: el indicador de 0 refleja que no existe uso de dicha tecnología o bien que su uso es muy pequeño y, por tanto, no consta de registros estadísticos.

El crecimiento de energías renovables en Mozambique está en auge, aunque no se sitúa en los niveles deseados, principalmente debido a las grandes reservas de gas natural y carbón existentes. Un ejemplo de esto lo encontramos en la mina de carbón de Moatize, la más grande de toda África y cuarta a nivel mundial, con una producción anual próxima a los 11 millones de toneladas.



Ilustración 8. Mina de carbón de Moatize. Fuente: *Google Images*

El gobierno mozambiqueño, de la mano de FUNAE (*Fundo de Energia de Moçambique*), ha indicado que las fuentes de energías renovables del país tienen un potencial total de 23.026 GW, siendo la energía solar la más abundante (23.000 GW), seguido de la hidráulica (19 GW), eólica (5 GW), biomasa (2 GW) y, finalmente, geotérmica (0,1 GW)⁸.

2.3.1. Energía Solar (fotovoltaica)

En el ámbito de la energía solar, Mozambique cuenta con un gran potencial que en la actualidad no se encuentra explotado. La energía solar representa la principal fuente de energía renovable de Mozambique. La irradiación solar global del país varía entre 1785 y 2206 kWh/m²/año, lo que representa un potencial aproximado de 23.000 GW.

A la hora de la implantación de sistemas de generación *off-grid*, la generación solar fotovoltaica se posiciona como la tercera opción más económica, debido principalmente al alto coste de las baterías. No obstante, el empleo de sistemas mixtos de generación solar fotovoltaica y grupos electrógenos (diésel), se convierte en la solución más atractiva.

2.3.2. Energía hidráulica

La media anual de lluvia que cae sobre el territorio de Mozambique, de 1023 mm/m², hace de este recurso una fuente muy importante para la obtención de energía⁹. Esto hace posible que los ríos que recorren el país alberguen alrededor de 216 km³ de agua.

Basándose en estos datos, recientes estudios llevados a cabo por FUNAE han identificado la posibilidad de realizar nuevos proyectos hidroeléctricos con una capacidad estimada de 19 GW.

Históricamente, los proyectos hidráulicos se han llevado a cabo con el objetivo de generar electricidad para su comercialización y para consumo interno. El país cuenta con proyectos de gran escala, con una capacidad estimada de 2191,5 MW, así como de

pequeña escala, con aproximadamente 2,1 MW de generación. La siguiente tabla muestra la situación actual de los proyectos hidroeléctricos llevados a cabo en el país.

Operativo (MW)				En desarrollo	Total
Macro (> 10MW)	Mini (1-9 MW)	Micro (100-999 kW)	Pico (< 100 kW)		
2182	1,82	0,42	0,1	1501,2	3685,54

Tabla 4. Situación actual de generación hidroeléctrica en Mozambique. Fuente: elaboración propia

Con respecto a los proyectos hidráulicos de gran escala, existen seis centrales en el país, la gran mayoría situadas en el centro y norte del país: *Hidroeléctrica de Cahorra Bassa* (2075 MW), *Hidroeléctrica de Corumana* (16,6 MW), *Hidroeléctrica de Chicamba* (44 MW), *Hidroeléctrica de Mavuzi* (52 MW), *Hidroeléctrica de Cuamba* (1,09 MW) e *Hidroeléctrica de Lichinga* (0,76 MW).

Como se obtiene de los anteriores datos, la central de *Cahorra Bassa*, situada en la provincia de Tete, a lo largo del río Zambeze, es la principal fuente de electricidad para el país, así como para la región del sur de África, particularmente para Sudáfrica y Zimbabwe. A nivel interno, la central genera el 84% del total de electricidad producida en Mozambique. Sin embargo, solo el 28% de esta electricidad se emplea para alimentar el consumo interno.

2.3.3. Energía eólica

Los cerca de 2700 km de costas del país mozambiqueño son una buena señal del potencial que esconde la energía eólica. Desafortunadamente, al igual que con el resto de energías renovables, ésta no se encuentra aprovechada.

Mozambique presenta un régimen de vientos de intensidad media-baja con velocidades medias de entre 4 a 6 m/s a una altitud de 80m. No obstante, estos vientos alcanzan mayor intensidad en ciertas áreas del país, como en la provincia de Maputo, Tete y la zona costera de Sofala, Inhambane y Gaza¹⁰.

Los estudios realizados por FUNAE concluyeron que Mozambique tiene un potencial eólico de 4,5 GW. De estos, defienden desde la organización, el desarrollo para la producción de 3,4 GW tiene como principal barrera el escaso desarrollo de la red eléctrica del país.

A pesar de este gran potencial en el sector eólico, actualmente el mercado de la energía eólica se encuentra en las primeras fases de desarrollo, por lo que no contribuye en el mix energético del país.

La preocupación por parte del gobierno de Mozambique en el desarrollo y mejora de estos sistemas de generación de energía se plasma en los esfuerzos para alcanzar los objetivos de electrificación rural. Según datos facilitados por el FUNAE se espera que, de los

aproximadamente 10,5 millones de población rural, al menos 3,7 millones de ellos puedan tener acceso a electricidad a través de sistemas solares fotovoltaicos.

Buscando el desarrollo del sector eléctrico a lo largo del país, y en particular en zonas rurales, se definieron una serie de objetivos de generación que se esperan alcanzar para el año 2025¹¹.

- E. solar: 597 MW
- E. hidroeléctrica: 5.4 GW
- E. eólica: 1.1 GW
- Biomasa: 128 MW

Con el fin de alcanzar todos y cada uno de estos objetivos se hace latente la necesidad de establecer nuevas conexiones a un ritmo mayor del que nacen nuevos hogares. Sin políticas públicas específicas para abordar las necesidades de las poblaciones rurales más desatendidas, la brecha eléctrica no solo seguirá aumentando, sino que también la hará la brecha de equidad entre aquellos con acceso a la electricidad y aquellos sin él¹².

3. Beneficios de la electrificación

El agua y la energía son dos recursos escasos, esenciales para la vida e indispensables para la producción. Es por esto por lo que el acceso al agua y la energía son una condición básica para lograr superar la pobreza que, a día de hoy, sufren millones de personas en todo el mundo.

En el África subsahariana viven 831 millones de personas, distribuidas en 47 países muy diversos. Diversos en cultura, lenguaje, tamaño, población y nivel de desarrollo¹³. Sin embargo, en conjunto, se trata de la región más subdesarrollada del mundo, donde más de un tercio de la población no sabe leer ni escribir. Dentro de esta región, alrededor de 340 millones de personas no tienen acceso a agua potable y más de 600 no tienen conexión eléctrica. Esto se personifica principalmente en las zonas rurales, donde tan solo el 45% de la población tiene acceso al suministro eléctrico. Esta falta de energía eléctrica es uno de los factores que más influyen en el subdesarrollo social y económico de África. Los costes de producción allí son más elevados que en otras partes del mundo, lo que afecta a la competitividad de los países africanos en el mercado mundial.

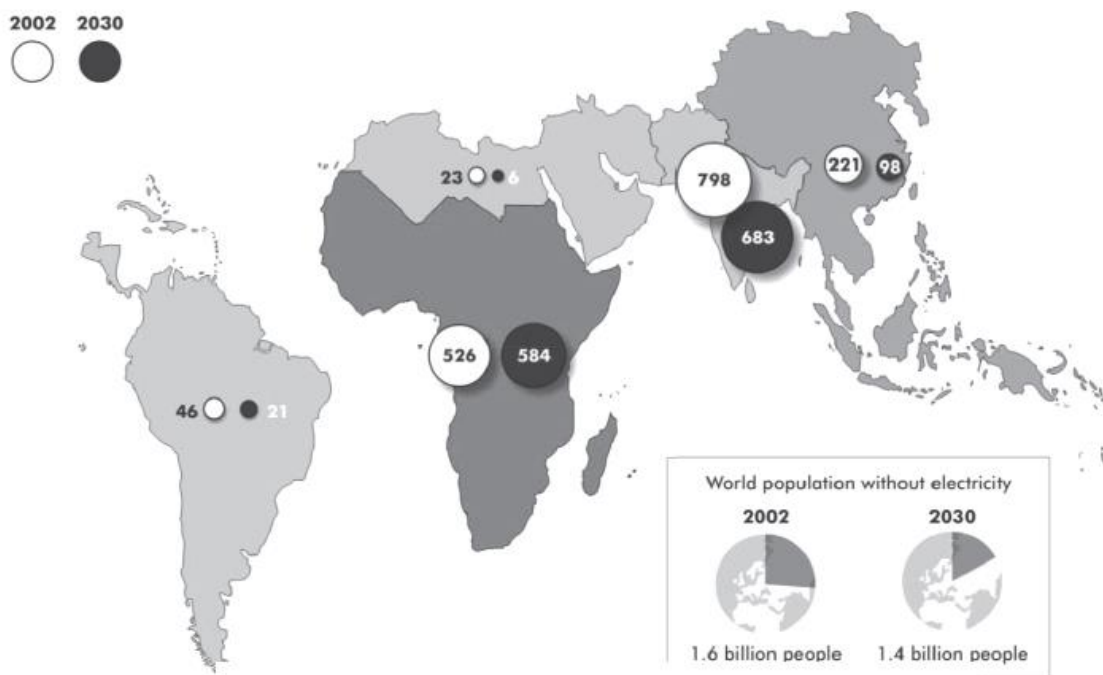


Ilustración 9. Población mundial sin electricidad, en millones. Fuente: *OECD/IEA*

El desarrollo de la electrificación en el ámbito rural puede desembocar en cambios positivos en el ámbito socioeconómico a nivel del hogar o de la comunidad. Por ejemplo, tendría un impacto directo en la tasa de empleo, ingresos, productividad y otros aspectos¹⁴. En definitiva, generan cambios que, en el largo plazo, mejoran sustancialmente la calidad vida de la población rural. Estos cambios tendrían un impacto positivo en sectores como la salud, la educación, la comunicación y el medioambiente.

Con respecto a los niveles de salud la introducción de nuevos sistemas energéticos permitiría sustituir las fuentes de energía tradicionales. El uso energético en los hogares se caracteriza, tal como se ha comentado anteriormente, en la utilización de biomasa, principalmente madera y carbón, con el objetivo de cocinar y calentar el hogar. Estos combustibles se queman directamente dentro de los hogares. Debido a la escasa ventilación en muchos de estos hogares, la contaminación interior de los mismos es alarmantemente elevada. Esta contaminación desemboca en numerosos casos de neumonía y problemas respiratorios graves, sobre todo entre los más pequeños¹⁵.

No obstante, se ha verificado que aquellas zonas rurales aisladas que cuentan con acceso a la electricidad, no han cambiado sus hábitos respecto a la manera de cocinar. Por tanto, siguen expuestos a los peligros derivados del uso de este tipo de tecnologías.

De este modo, la solución pasa por cambiar estos hábitos, a través de la educación.

Además, según datos de la OMS, la posibilidad de acceder a distintos medios de comunicación derivados del acceso a la electricidad permite a los más jóvenes adquirir mayores conocimientos en temas relacionados con la salud, especialmente en el ámbito de la sexualidad, reduciéndose así las enfermedades de transmisión sexual y el índice de natalidad.

El acceso al suministro de agua potable también se ha visto beneficiado por el desarrollo en el sector eléctrico, y es que el suministro eléctrico permite el bombeo y depuración de aguas en zonas aisladas.

Con respecto al impacto positivo del acceso a electricidad en el sector educativo, cabe destacar la mejora de instalaciones en escuelas, especialmente de equipos informáticos, otorgando la posibilidad a los estudiantes de adquirir conocimientos que, hoy en día, son esenciales de cara al mundo laboral.

Además, la generación eléctrica permite ampliar el horario de estudio, tanto en las escuelas como en los hogares.

En cuanto al impacto negativo del uso de energías tradicionales sobre el medio ambiente es ampliamente conocido. El uso de biomasa como principal fuente energética aumenta los niveles de deforestación. Esta deforestación tiene a su vez consecuencias negativas para las propias comunidades ya que también desaparecen fuentes de alimento y agua, lo que agrava la situación de pobreza energética.

Podría decirse que se entra en una espiral que se retroalimenta ya que, el aumento derivado del desarrollo de la electrificación, en los ingresos, productividad y del empleo, puede conducir a su vez a mayores tasas de crecimiento de los sistemas de electrificación rural.

El desarrollo en el acceso a la electricidad implica hablar sobre el desarrollo del sector de las comunicaciones, facilitando el acceso a internet y mejorando las comunicaciones con, por ejemplo, los centros de salud de la región.

En definitiva, al hablar sobre la mejora y desarrollo en los sistemas de electrificación de países en vías de desarrollo, queda implícito el consiguiente crecimiento en su economía, de manera directa e indirecta (inversiones nacionales y extranjeras, aumento y mejora de las infraestructuras, incremento de las tasas de empleo, etc.). No obstante, este cambio se acentúa cuando se trata de electrificación en zonas rurales, donde la población verá una significativa mejora en su calidad de vida.

4. Microrredes

Ante el gran problema que supone la escasez de energía en zonas rurales se hace de vital importancia elevar su nivel de vida, desarrollando una mínima infraestructura que permita un posterior desarrollo, tanto a nivel económico como social y cultural de los habitantes y sus comunidades.

Esta situación de injusticia energética puede ser fácilmente resuelta empleando para ellos sistemas de generación eléctrica mediante fuentes de energía renovables, siendo la energía fotovoltaica la gran alternativa como solución ante este problema, y es que este tipo de tecnología no precisa de ningún tipo de combustible, puede ser fácilmente dimensionada en función de los consumos necesarios e incluso puede ampliarse con relativa sencillez si fuese necesario. Además, la vida útil de esta tecnología supera los 30 años¹⁶.

De este modo, es de crucial importancia para cualquier tipo de proyecto de estas dimensiones conocer los consumos que se tienen que alimentar ya que, en caso contrario, podría perderse el equilibrio entre generación – consumo, dando lugar a un déficit energético. Solo realizando un estudio sobre estos consumos se podrá tener una idea realista a cerca de las verdaderas necesidades de la población.

Dentro de los sistemas fotovoltaicos, se puede realizar una división interna según el tipo de conexión que siguen, distinguiendo así entre los sistemas centralizados y los sistemas descentralizados.

Cada tipo de sistema presenta una serie de ventajas e inconvenientes. Por parte de los sistemas descentralizados, cabe decir que es el propio usuario quien se encarga del mantenimiento de la instalación, así como de su equilibrio generación – consumo. Por otro lado, las instalaciones centralizadas suelen ser más económicas ya que el conjunto generador, batería y elementos de regulación y control son comunes y, por tanto, los beneficiarios de la energía disponen de equipos consumidores.

Estas características de cada tipo de sistema no solo habrá que evaluarlas desde un punto de vista técnico y económico, sino también por la socio-cultural de los futuros usuarios.

Las microrredes surgen a partir de las necesidades planteadas en las zonas rurales, de manera que son una fuente de energía alternativa a los sistemas de electrificación tradicionales.

Haciendo énfasis en las instalaciones centralizadas, las primeras de ellas comenzaron añadiendo grupos electrógenos como medida de emergencia o cuando los recursos renovables no estaban disponibles. Más adelante, se fueron añadiendo nuevos elementos a estos sistemas, como el uso de pequeños generadores eólicos. De este modo nació el concepto de lo que a día de hoy se conoce como microrred.

Una microrred es, por tanto, un sistema integrado de suministro de energía que consiste en cargas, micro-generadores y equipos de almacenamiento que pueden operar conectados al sistema eléctrico u operando de forma aislada. De este modo, una microrred busca integrar al máximo la penetración de energías renovables estudiando siempre la máxima viabilidad económica¹⁷.

Actualmente no existe gran diferencia entre el concepto de minirred (*minigríd* en inglés) y microrred. No obstante, podría hablarse de microrred cuando la potencia del sistema instalado no supera los 100 kW. Por otra parte, se habla de minirred si la potencia instalada es superior a los 100 kW.

El uso de microrredes se hace necesario en aquellas comunidades rurales que tradicionalmente hacían uso solo de grupos electrógenos. Estos, debido al alto coste y difícil acceso del combustible, pasaron a ser una opción poco atractiva. De este modo, la combinación de energías renovables con sistemas de almacenamiento en baterías, se ha posicionado como la solución más económica. Si, además, se añaden grupos electrógenos que permitan actuar en situaciones de emergencia, el sistema sería absolutamente válido y fiable.

Las principales fuentes generadoras de electricidad en microrredes son la generación solar fotovoltaica, generación eólica, grupos electrógenos, generación microhidráulica y biomasa y biocombustibles. De todas ellas, la generación fotovoltaica toma un papel central, debido a su facilidad de implantación y uso.

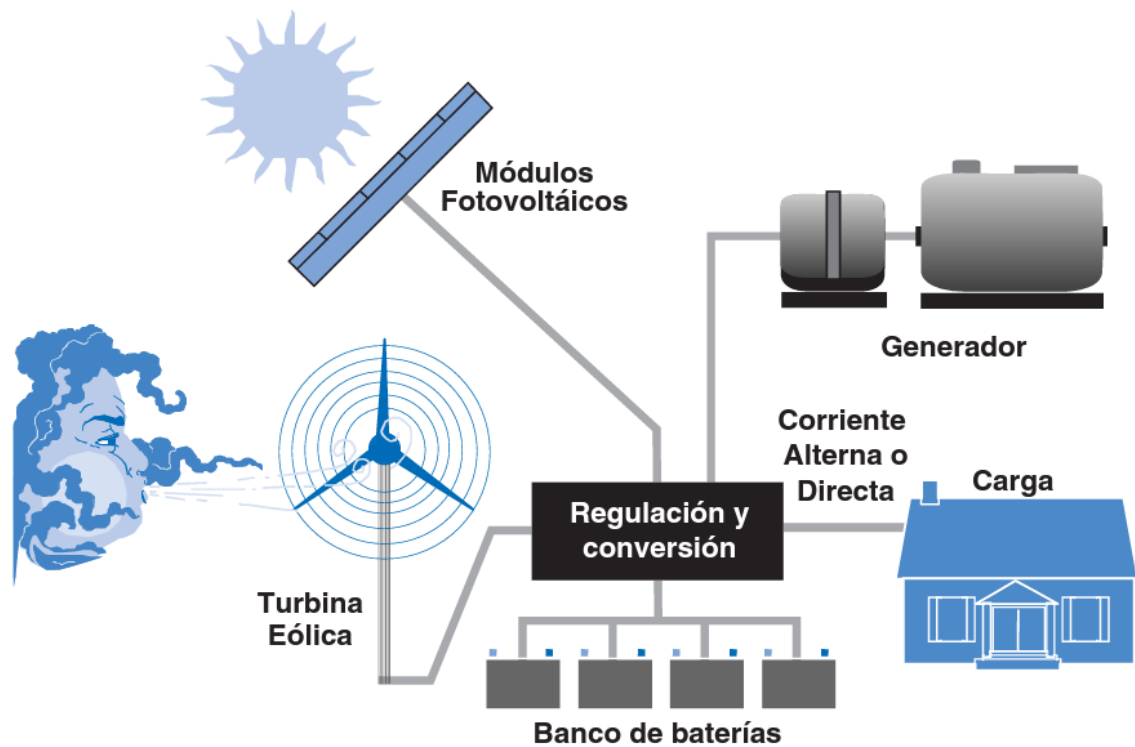


Ilustración 10. Sistemas híbridos de generación en microrredes. Fuente: WPA

5. Generación de electricidad en microrredes

Como ya se ha mencionado anteriormente, las principales fuentes de generación eléctrica en microrredes son la generación solar fotovoltaica, generación eólica, grupos electrógenos, generación microhidráulica y biomasa y biocombustibles.

A continuación, se realizará un breve análisis de las tecnologías anteriormente mencionadas, en orden a comprender mejor el funcionamiento de cada una de ellas y poder tener una visión más amplia a la hora de decidir cuál de ellas adoptar.

5.1. Generación fotovoltaica

Se entiende por energía solar al aprovechamiento de la energía procedente del sol que es transformada en forma de energía térmica o eléctrica para su posterior consumo. Se trata por tanto de un tipo de energía renovable.

De este modo, el elemento que se encarga de captar la energía solar para transformarla en energía útil es el panel solar, distinguiendo varios tipos en función de la tecnología empleada: mediante captadores solares térmicos (energía solar térmica); mediante módulos fotovoltaicos (energía solar fotovoltaica) y sin ningún elemento externo (energía solar pasiva).

Los sistemas basados en la transformación fotovoltaica de la energía solar cuentan con una serie de componentes esenciales, a saber: módulos fotovoltaicos, regulador, baterías, inversor y sistemas de protección.

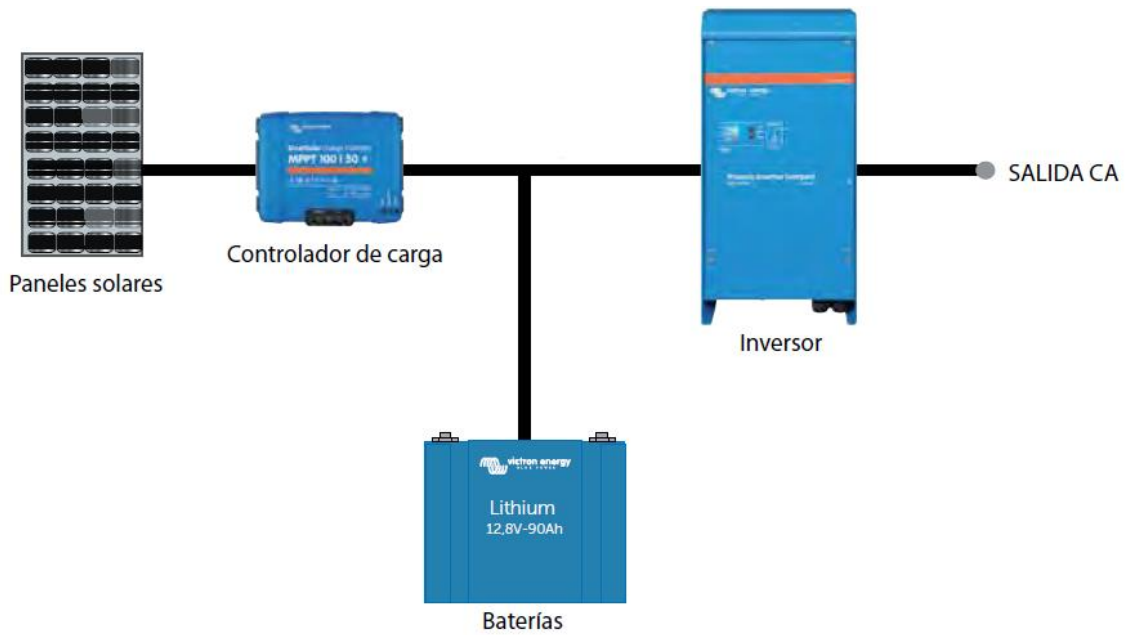


Ilustración 11. Sistema solar FV con salida en CA. Fuente: Victron Energy

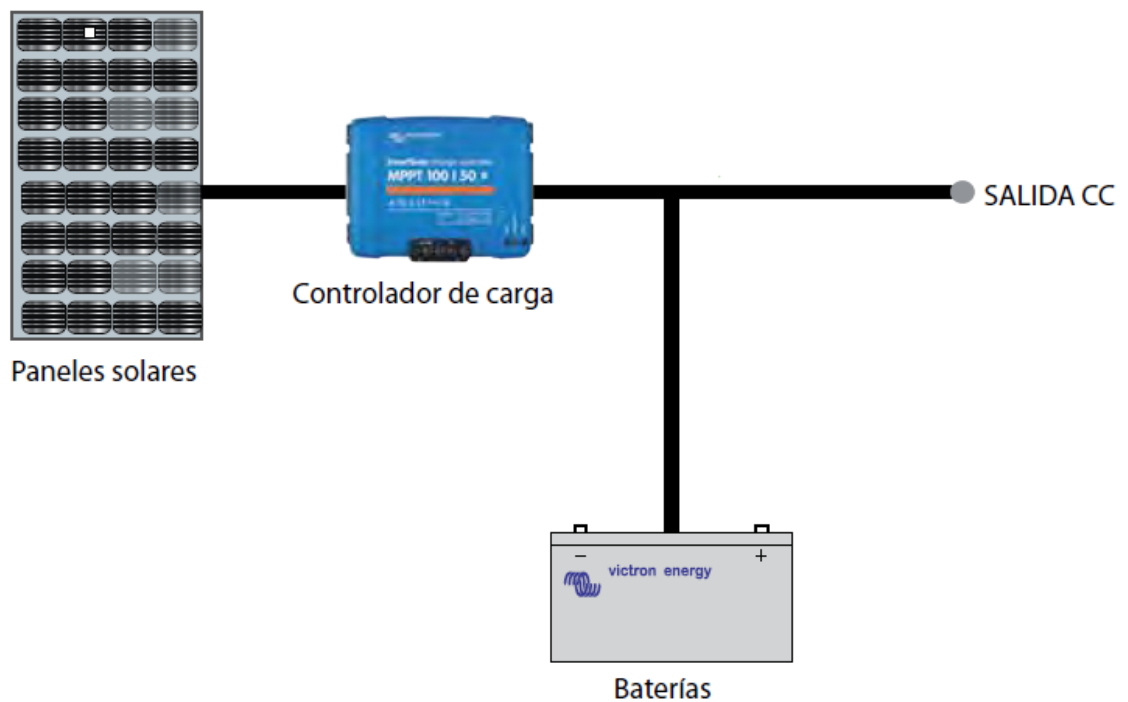


Ilustración 12. Sistema solar FV con salida en CC. Fuente: Victron Energy

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos están compuestos de células capaces de transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico (que consiste en la emisión de electrones por un material al incidir sobre él una radiación electromagnética). El efecto fotovoltaico se produce de manera directa e instantánea, generando electricidad en corriente continua. Los módulos solares

fotovoltaicos se ven afectados por la temperatura de manera que, a mayor temperatura menor será su eficiencia. Se denomina panel fotovoltaico al conjunto de módulos debidamente interconectados entre sí.

La potencia de un módulo fotovoltaico se mide en vatios-pico (Wp). Esta será la potencia que el módulo será capaz de generar cuando esté sometido a la intensidad máxima. Así, un módulo fotovoltaico de por ejemplo 100 Wp, generará 100 Wh de energía si estuviese recibiendo durante una hora esta radiación máxima. No obstante, se emplea el concepto de *horas pico* para conocer la producción de un módulo ya que la intensidad que recibe fluctúa a lo largo de una hora.

Para conocer el número de horas pico de un día concreto basta con dividir la energía total de dicho día (Wh/m^2) entre 1000 W/m^2 .

El tipo de módulo fotovoltaico empleado vendrá dado según la manera de tratar su principal componente, el silicio. De este modo, existen distintos tipos de módulos fotovoltaicos, en función de la tecnología empleada: paneles monocristalinos, policristalinos y de lámina delgada.

Los paneles fotovoltaicos monocristalinos presentan rendimientos superiores al resto, de alrededor del 17%. Por otro lado, se encuentran los paneles fotovoltaicos policristalinos, que alcanzan rendimientos próximos al 15%. Por otra parte, los paneles solares de lámina delgada tienen como principal ventaja su bajo precio, a cambio de un menor rendimiento, en torno al 10%.

En la siguiente tabla se han marcado las principales diferencias entre los diferentes tipos de paneles fotovoltaicos.

Tecnología	Rendimiento (%)	Vida útil (años)	Resistencia a altas temperaturas	Coste
Monocristalino	15 – 20	> 30	Alta	Alto
Policristalino	13 – 16	25 – 30	Media	Medio – alto
Amorfo	< 10	≈ 15	Muy alta	Bajo

Tabla 5. Comparación de las tecnologías de paneles fotovoltaicos. Fuente: *elaboración propia*

La orientación e inclinación con que se instala el panel solar es fundamental a la hora de maximizar el rendimiento de este.

Estructuras de sujeción de los módulos

Un elemento importante que influirá en el rendimiento final de la instalación será la estructura soporte donde se colocarán los paneles.

Estos componentes tienen como objetivo garantizar la integridad de los módulos, no solo ante acciones climáticas como el viento o temperatura, sino también contra robos y vandalismo.

En los últimos años es común encontrar soportes con capacidad de seguimiento solar. Estos se denominan *seguidores solares* debido a su capacidad de pivotar en función de la radiación solar recibida. De este modo, se aumenta de manera significativa el número de horas solares aprovechables, incrementado así el rendimiento de la instalación.

Baterías

La llegada de los sistemas solares fotovoltaicos no ocurre de forma uniforme, sino que ha ido evolucionando a lo largo de los últimos veinte años. Parte de este desarrollo se vio estimulado ante la necesidad de hacer uso de la energía en aquellos momentos en que fuese imposible obtenerla directamente del sol. A pesar de que muchas de estas situaciones son previsibles, hay otras que son difíciles de pronosticar, como la nubosidad que habrá en un determinado momento.

Ante esta barrera nació la necesidad del uso de sistemas de almacenamiento de energía que permitan usarse como fuente en aquellos instantes en que la radiación captada por las células solares no sea suficiente para hacer frente a la demanda del momento. En la mayor parte de casos, sobre todo en sistemas autónomos aislados, este almacenamiento se consigue a través de baterías¹⁸.

Las baterías son dispositivos capaces de convertir la energía química almacenada en electricidad. Éstas son recargadas a través de la electricidad producida por los paneles solares mediante los reguladores de carga, pudiendo más tarde 'devolver' dicha energía almacenada para abastecer la demanda.

A grandes rasgos, las funciones básicas de una batería en un sistema solar fotovoltaico son el almacenamiento de energía durante un determinado periodo de tiempo; fijar una tensión de trabajo común para toda la instalación; y facilitar una potencia instantánea elevada.

A la hora de escoger qué batería emplear, es necesario tener claros una serie de parámetros que definen el comportamiento de la batería: capacidad de la batería, eficiencia de carga, autodescarga y profundidad de descarga.

Por tanto, es necesario elegir unas baterías cuyas características se adapten lo mejor posible a las necesidades requeridas, siempre teniendo en cuenta la viabilidad económica.

Regulador

La principal tarea del regulador es el control de carga y descarga de las baterías, por que asume un papel fundamental para el correcto funcionamiento de cualquier sistema solar fotovoltaico. Sin los reguladores de carga las baterías se encontrarían totalmente desprotegidas.

Algunas de las funciones que cumplen los reguladores en los sistemas autónomos son: control de flujo de energía, protección de las baterías contra sobrecargas y sobredescargas, protección contra la inversión de polaridad o protección contra temperaturas excesivas.

Al igual que con las baterías, es necesario seleccionar aquel regulador cuyas características mejor se ajusten a las necesidades del proyecto.

Por esta razón, es necesario conocer cuáles son los parámetros que definen el comportamiento del regulador: tensión nominal, intensidad nominal y nivel de autoconsumo.

Inversor

La corriente generada por los módulos fotovoltaicos, al igual que la acumulada en las baterías, es corriente continua. No obstante, los consumos de las viviendas normalmente utilizan corriente alterna a 110/220V.

Por ello se hace necesario el empleo del inversor, que convierte la corriente continua generada en corriente alterna para consumo.

A la hora de dimensionar el inversor se deberá tener en cuenta la potencia nominal del mismo. Ésta deberá ser superior a la potencia máxima que pueda ser abastecida por los paneles solares.

5.2. Generación eólica

Desde hace siglos el ser humano ha aprovechado la energía proporcionada por el viento, como el uso de molinos para la molienda de grano. No obstante, es más reciente el uso de esta fuente de energía inagotable para la generación de electricidad mediante los llamados aerogeneradores.

La característica principal de los aerogeneradores radica en su curva de potencia, que relaciona la velocidad del viento con la potencia producida. De este modo, el funcionamiento del aerogenerador vendrá determinado por la velocidad del viento y el número de horas de funcionamiento.

El funcionamiento básico de un sistema de generación eólica se basa en la conversión de la energía cinética del viento en energía mecánica a través de las turbinas eólicas. Esta energía mecánica se utiliza para accionar un generador eléctrico (normalmente un alternador) que produce energía eléctrica limpia.

Los sistemas eólicos de pequeño tamaño, pensados para el abastecimiento de autoconsumo, pueden proporcionar una fuente práctica, económica y fiable de electricidad siempre y cuando se cuente con suficiente recurso eólico (viento) y la propiedad a abastecer se encuentre en un lugar remoto, con dificultades para el acceso a una red de suministro eléctrico.

Por ello es importante determinar con cierta exactitud la velocidad del viento en la zona donde se vaya a emplazar el aerogenerador. Es necesario, además, tener en cuenta los límites de funcionamiento de este. Por lo general a velocidades del viento inferiores a los 4 m/s, el aerogenerador no arranca mientras que, a velocidades superiores a los 25 m/s el aerogenerador debe pararse para evitar daños en su estructura.

Es por esto por lo que se hace necesario elegir adecuadamente el emplazamiento idóneo para instalar este tipo de tecnología, para lo cual se deberán tener en cuenta una serie de fenómenos que pueden afectar a las características del viento: fenómenos topográficos de gran escala, como la presencia de estrechos, cordilleras o montañas; fenómenos topográficos de pequeña escala, como valles o colinas; rugosidad del terreno; y otros fenómenos como la brisa marina¹⁹.

Existen diferentes métodos que permiten evaluar el recurso eólico. El más sencillo de todos ellos es el método tradicional empleado durante siglos. Este consiste en observar la inclinación de los árboles en función de la intensidad del viento. Para ello se ha elaborado

ilustraciones que asociaban la deformación de los árboles con la velocidad del viento. A continuación, se muestra una de estas *tablas* de medición.

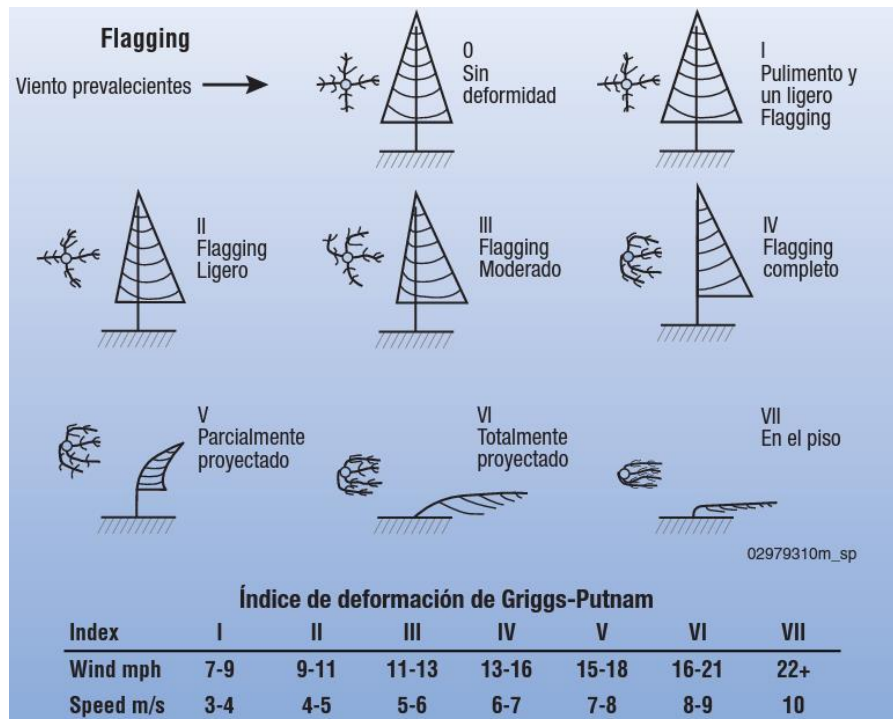


Ilustración 13. Relación entre la deformación de los árboles y la velocidad del viento. Fuente: *Esf*

Existen métodos más tradicionales que este, como los atlas eólicos, que muestran de manera gráfica la velocidad media del viento según la zona geográfica; o las bases de datos meteorológicas, como la NOAA (Administración Nacional Oceanográfica y de la Atmósfera de EEUU), donde se pueden encontrar datos clasificados por año de miles de estaciones meteorológicas de todo el mundo²⁰.

No obstante, la manera más exacta de medir la velocidad del viento en una zona concreta pasa por realiza mediciones in situ. Este método, a pesar de ser el más preciso, es el que requiere de más costes y tiempos ya que, por lo general, es necesario tomar muestras durante varios meses e incluso años).

Los aerogeneradores son sistemas que por lo general están compuestos por un rotor, un generador o alternador, una torre, un sistema de orientación o cola y el cableado, además de los elementos comunes a otros tipos de tecnologías, como el inversor, baterías o reguladores.

Rotor

El rotor es el corazón de una turbina eólica, compuesto por los álabes y el buje. En función de la disposición del eje de rotación se pueden clasificar las turbinas eólicas en distintos tipos. De este modo encontramos turbinas eólicas verticales y horizontales, siendo estas últimas las más comunes.



Ilustración 14. Turbina eólica de uso doméstico. Fuente: *Google Images*

El rotor se encarga de convertir la energía procedente del viento en movimiento mecánico rotacional. Por tanto, la cantidad de electricidad que una turbina puede generar dependerá de su área de barrido. Esta vendrá dada por el diámetro del rotor y se entiende como la cantidad de viento que es interceptado por la turbina.

Sistema de orientación

El sistema de orientación más habitual se realiza mediante veleta. Sin embargo, también es fácil encontrar aerogeneradores cuya orientación está controlada por un rotor a sotavento. Este último, a pesar de ser más sencillo, puede presentar problemas de vibración que pueden afectar a la totalidad del sistema.

Generador eléctrico

La función del generador en una turbina eólica es fundamental ya que se encarga de transformar la energía mecánica en eléctrica. Pueden emplearse generadores síncronos y asíncronos, si bien estos últimos son empleados con mayor frecuencia en turbinas de grandes potencias.

Torre

A la hora de montar un aerogenerador es conveniente hacerlo en una zona elevada, lejos de obstáculos que puedan influir en el comportamiento del viento. Cuanto mayor sea la zona elevada, mayor será la velocidad del viento.

Se recomienda el montaje del sistema en torres de altura comprendida entre los 7 – 10 metros para generadores de poca potencia mientras que, para los de mayores potencias, la altura puede alcanzar los 70 metros. Otra opción menos aconsejable es la instalación del aerogenerador en tejados y azoteas debido a las vibraciones y ruidos que pueda causar. Además, lo ideal sería ubicar estas torres en zonas como colinas, donde el viento será de mayor intensidad.

Son varias las estructuras de las torres que se pueden emplear, siendo la más común para aerogeneradores de pequeño tamaño el mástil arriostrado con tensores.

5.3. Grupos electrógenos

Desde un punto de vista medioambiental, el escenario ideal sería aquel en el que solo exista generación mediante energías renovables. No obstante, desde un punto de vista técnico – económico, suele ser necesario contar con energías convencionales para que el mix energético sea una opción fiable, estable y económica, más aun teniendo en cuenta que las fuentes renovables son en su mayoría intermitentes.

Los grupos electrógenos desempeñan un papel fundamental en las minirredes y microrredes ya que se emplean como una fuente energética que de soporte en casos en que la generación mediante fuentes renovables no sea suficiente o se requieran consumo en momentos puntuales donde las fuentes renovables no puedan dar servicio (por falta de sol, viento, etc.). Es por esto por lo que son ampliamente utilizados en comunidades rurales aisladas sin acceso a la red de suministro eléctrico que pudiera suplir dichas necesidades.

En electrificación rural, los rangos de potencia comúnmente empleados van desde los 1000W hasta los 100kW, siendo los más pequeños normalmente alimentados con gasolina y los de mayor potencia con diésel.

Existen diversos tipos de grupos electrógenos, en función del combustible empleado, según su refrigeración o por tipo de arranque, entre muchos otros.

Los principales combustibles usados como recurso para alimentar al grupo electrógeno son el diésel, gasolina, biodiesel, gas y GLP (gases licuados del petróleo), si bien los más empleados son los de diésel o gasolina.

Comúnmente se escogen aquellos alimentados con diésel ya que, a pesar de que requieren una mayor inversión, tienen mayor vida útil y los costes de mantenimiento son menores, así como su consumo.

En grupos electrógenos alimentados con gasolina, deberán usar una de octanaje normal, de lo contrario el motor requerirá mayor número de revisiones, encareciendo el coste de mantenimiento.

Los grupos electrógenos están formados por un conjunto integrado por un motor térmico primario, un generador eléctrico (generalmente en CA), y los correspondientes componentes auxiliares como los indicadores de estado, protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos, radiadores, equipos de control de tensión, etc.

A continuación, se describen brevemente las principales partes que componen un grupo electrógeno.

Motor

El motor se encarga de suministrar la energía mecánica necesaria al alternador. Como se ha mencionado anteriormente, podemos distinguir distintos tipos de motores en función del combustible empleado, siendo los más comunes los de gasolina y diésel.

Generador eléctrico

La principal función del generador eléctrico o alternador es la conversión de potencia mecánica procedente del motor en energía eléctrica.

Sistema de refrigeración

Existen diversos tipos de sistemas de refrigeración, en función del refrigerante empleado. De este modo, se pueden encontrar sistemas de agua, aire o aceite.

En grupos electrógenos grandes, el sistema de refrigeración suele comprender un circuito de agua y un ventilador.

Regulador

El regulador permite realizar un control de la velocidad de giro del motor, controlando básicamente la alimentación de este en función de la velocidad, tensión y frecuencia de salida del generador.

Un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de realizar la instalación de un grupo electrógeno es que no deben apagarse y encenderse constantemente, de lo contrario su vida útil se vería reducida. Hay que asegurarse que, una vez encendido, funcionen durante un tiempo suficiente.

5.4. Generación microhidráulica

El concepto de generación microhidráulica abarca a aquellas centrales hidráulicas con una potencia inferior a los 300kW y que se encuentran aisladas de la red de suministro eléctrico. Son normalmente empleadas en zonas rurales aisladas, utilizando la fuerza cinética del agua para generar electricidad.

Este tipo de sistema, a pesar de proporcionar una generación eléctrica fiable y firme, requiere unas condiciones especiales que no son fáciles de satisfacer. Principalmente es necesario un determinado caudal de agua y un desnivel para generar electricidad. En microhidráulica se trabaja con alturas comprendidas entre los 5 y los 160 metros.

Es por esto por lo que la localización de la microcentral supondrá un aspecto fundamental a la hora de su correcto diseño. Además, se deberá tener en consideración las distancias entre la generación y los consumos, ya que longitudes de cable superiores a 1km no son operativas²¹.

Por otra parte, la estacionalidad de los ríos influye significativamente a la hora de decidir si instalar una central microhidráulica ya que en algunas zonas geográficas el caudal puede oscilar en función de la época del año.

En función del tipo de uso que se requiera, se distinguen dos tipos de turbinas: aquellas conectadas a red (*on-grid*) y las empleadas para la carga de baterías (*off-grid*). Estas últimas son las más interesantes en proyectos de electrificación de zonas aisladas.

El funcionamiento de este tipo de centrales es similar al de las centrales hidráulicas de mayor tamaño, aprovechando la energía potencial del agua entre dos alturas distintas, convirtiéndola después en energía eléctrica mediante el hidrogenerador. En caso de disponer de este tipo de sistemas en zonas aisladas, lo más común es utilizar baterías auxiliares de modo que se proporcione más autonomía a la instalación. Además, cuando las baterías se encuentren totalmente cargadas, el excedente de energía producido podrá ser disipada en calentadores proporcionando ACS (agua caliente sanitaria)²².

A continuación, se detallan algunos de los principales elementos que componen una microcentral hidráulica.

Hidrogenerador

Se trata de la parte principal de la central ya que es la encargada de transformar la energía potencial en energía eléctrica. Está compuesto por una turbina y un generador.

Equipo de transformación y control

Este equipo está compuesto por aquellos elementos encargados de estabilizar el funcionamiento de la instalación. Son instrumentos muchas veces comunes al resto de tecnologías anteriormente mencionadas, como el transformador, el inversor, el rectificador y el regulador.

Equipo auxiliar

Compuesto por los elementos encargados de almacenar o disipar el excedente de energía producidos (baterías y resistencias reguladoras). Comprende además la toma de tierra de la instalación, parte fundamental de la misma.

5.5. Biomasa y biocombustibles

La biomasa se define como la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía²³. Por ello es utilizable como fuente de energía renovable, siendo una extraordinaria alternativa energética que se adapta completamente a todos los campos de utilización actual de combustibles tradicionales²⁴.

De este modo, a partir de la biomasa se pueden obtener biocombustibles, que pueden ser sólidos (paja, leña sin procesar, etc.), líquidos (aceites vegetales, alcoholes, etc.) o gaseosos (biogás, hidrógeno y gas de gasógeno), pudiendo generar energía térmica, eléctrica o mecánica.

De forma genérica, a lo largo de la historia, se han empleado los combustibles tradicionales como la madera, la leña o el carbón para cocinar y calentarse, teniendo un rango muy bajo de eficiencia, en torno al 10 – 15%. Esta situación, que en muchos países desarrollados ha pasado a ser poco común, aún está muy vigente en aquellos en vías de desarrollo.

Existen diferentes procesos para convertir la biomasa en biocombustibles: procesos termoquímicos que emplean la acción del calor, como la combustión directa, la gasificación o la pirolisis; y procesos bioquímicos que utilizan microorganismos, como la digestión anaerobia, la fermentación o la extracción del aceite vegetal.

Dentro del marco que engloba el uso de energías renovables en zonas aisladas, cabe prestar especial atención al biogás, producido por descomposición anaerobia mediante el uso de biodigestores.

Los biodigestores son, por tanto, sistemas que aprovechan la digestión anaerobia de los microorganismos presentes en el estiércol u otros residuos orgánicos para transformarlos en biogás y fertilizantes. El biogás generado podrá usarse como combustible para alimentar a un generador que a su vez produzca electricidad.

Algunas de las principales ventajas que proporciona una planta de biogás son:

- Mejora en la calidad de vida de la población, sobre todo de las mujeres, viéndose reducido en gran medida el trabajo físico que tienen que realizar.
- Reducción de la deforestación y del uso de gases de efecto invernadero, disminuyendo el empleo de recursos naturales como la madera o el carbón.
- Mejora del sistema de cultivos a través de los fertilizantes obtenidos.



Ilustración 15. Biodigestor de estructura flexible empleado en una zona rural. Fuente: *Google images*

Existen distintos tipos de biodigestores en función del material y las técnicas empleadas en su construcción. La elección de uno u otro deberá realizarse teniendo en cuenta factores

humanos (necesidades, recursos disponibles, etc.), físicos (localización, topografía, etc.) o de construcción. No obstante, en zonas donde la escasez de recursos es una realidad, el biodigestor de estructura flexible es el que mejor se adapta a tal necesidad.

Este tipo de biodigestores emplea materiales flexibles, disminuyendo en gran medida las elevadas inversiones en materiales requeridas para el resto de tipos de biodigestores. El material empleado es el polietileno. En una zanja empleada como apoyo se coloca una bolsa plástica con dos orificios en cada extremo: uno constituye la entrada de los materiales a fermentar y el contrario la salida de los lodos de fermentación. Asimismo, en la parte superior de la bolsa, existe otra abertura para la salida de los gases.

6. Normativa vigente en Mozambique

Actualmente Mozambique, como país miembro de la *Commonwealth*, aplica la normativa del Reino Unido (BS 7671).

Algunas de las características más significativas de la red de Mozambique son las siguientes: emplean una frecuencia de 50Hz, con una red de distribución que comprende entre los 25 y 132V. Emplean redes de distribución mixtas, es decir, parte de la red se encuentra soterrada mientras que en otras partes de la misma la distribución se ejecuta por líneas aéreas. No obstante, la mayor parte de la red se encuentra distribuida de manera aérea.

CAPÍTULO 2: LOCALIZACIÓN Y CONTEXTO DEL PROYECTO

Bajo la creciente necesidad en el desarrollo económico de las zonas rurales en general, y de la comunidad rural de Nsaladzi en particular, se da pie a este proyecto que, en su totalidad, engloba la mejora en los sistemas de electrificación y de abastecimiento de agua de la Escuela Secundaria Ignacio de Loyola (en adelante la “ESIL”).

Si bien no sería posible entender ambos proyectos de manera independiente, a la hora de abordar los requisitos necesarios para realizar los trabajos de fin de máster, estos se han tomado de manera independientes entre sí. De este modo, un proyecto (realizado por Blanca Sáez) se ha enfocado en realizar las mejoras pertinentes del sistema de agua (tanto para consumo humano como de aguas residuales y para regadío) mientras que el otro (el presente proyecto) se ha enfocado en el sistema eléctrico de la escuela. No obstante, a pesar de esta división de papeles para cumplir con los requisitos académicos, en todo momento se ha trabajado de la mano en el sistema de agua y electricidad.

Ambos proyectos se pudieron llevar a cabo gracias al apoyo económico de la comunidad Jesuita de Mozambique y Zimbabwe, que aportaron los fondos necesarios para la ejecución del mismo.

1. Emplazamiento

Al norte de la República de Mozambique, en la provincia de Tete, a escasos kilómetros de la frontera con Malawi, se levanta la ESIL.

La escuela se encuentra situada en el límite de la región de Tsangano. Se trata de una región cuya economía se basa en la agricultura y, en menor medida, en la ganadería. Debido a la lejanía de la costa y a otros atractivos turísticos, el sector de servicios no se ha desarrollado. Lo mismo ocurre con el sector industrial.

Tete, la capital de la provincia, se sitúa a más de 220 km del emplazamiento de la escuela. Esta distancia, que en occidente no supondría ningún obstáculo, supone otro impedimento para la gente de la región, principalmente debido al estado de la carretera y a los numerosos controles policiales y militares. Aquí el único medio de transporte es el automóvil (coches, motocicletas o *chapas*, una especie de minibús con paradas en los principales pueblos de la zona), aunque la gran mayoría de personas se desplaza a pie.

La ESIL se encuentra situada a escasos 25km de Vila Ulongué, centro de población rural más importante de la zona, con aproximadamente siete mil habitantes. No obstante, en los alrededores de la escuela se pueden encontrar numerosas aldeas integradas, en su mayoría, por campesinos.



Ilustración 16. Localización de la escuela. Fuente: *Google Maps*

Infraestructuras

Las infraestructuras de esta región, al igual que en muchas otras zonas del país, son prácticamente inexistentes. En particular, la zona en la que está situada la escuela no cuenta con acceso a la red eléctrica ni a la red telefónica, teniendo que subir a un monte cercano para tener señal telefónica.

Al igual que ocurre con la red eléctrica y telefónica, la precariedad de las carreteras son otra preocupación para los habitantes de la zona. Las carreteras, si existentes, se encuentran en un estado deplorable, siendo necesario el uso de automóviles todoterreno para circularlas con cierta seguridad.

Con respecto a la infraestructura en materia de educación, existen pocos colegios de educación secundaria. Esto se hace aún más notable en zonas rurales, donde la tasa de natalidad es muy elevada. Con una media de cinco hijos por familia, el número de escuelas secundarias construidas no puede hacer frente a tan alta demanda. A esto hay que sumar que la educación en el país no es ni obligatoria ni gratuita.

Es por todo ello que el nivel de alfabetización en el país apenas alcanza el 59%.

La zona de los alrededores de Vila Ulongué cuenta con 2 escuelas de educación secundaria, pertenecientes todas ellas al gobierno. Esto no implica necesariamente que la educación en ellas sea gratuita o, al menos, fácil de abordar económicamente. Es por esto por lo que se hace difícil para los habitantes de la región mandar a sus hijos e hijas a estudiar en ellas, principalmente debido a las altas tasas que presentan, imposibles de abordar para la gran mayoría de habitantes de la región.

Además de la barrera económica, existe el problema del transporte, y es que muchos de los jóvenes estudiantes tienen que recorrer a pie las largas distancias que separan sus casas de las escuelas. Por ello, muchos de los padres privan de educación a sus hijos, prefiriendo que trabajen en las tierras, contribuyendo así a la economía familiar.

En relación con las infraestructuras relacionadas con el sector de la sanidad, es difícil encontrar clínicas y hospitales fuera de los centros urbanos. En la zona donde tiene lugar el proyecto, existe una clínica en Vila Ulongué, capaz de facilitar las atenciones básicas.

Del mismo modo, es bastante problemático los niveles de acceso a agua potable. Esta es necesaria que sea extraída de acuíferos, a través de pozos mediante el uso de bombas. Al ser difícil de abordar desde un punto de vista económico la construcción de un sistema de estas características, los habitantes de zona tienen que recorrer grandes distancias hasta la fuente potable más cercana.

Clima, fauna y flora

La ESI está emplazada en mitad de una zona de sabana típica africana, de clima tropical), situada a 4km de la carretera principal. Para acceder a ella hay que seguir un camino de tierra que se vuelve muy difícil de transitar, sobre todo durante la época de lluvias.

El paisaje está dominado por árboles tropicales típicos, como la acacia o el baobab, así como por campos de agricultura, sobre todo maíz, judías y arroz.

El clima de la zona, al igual que en toda la parte norte del país, es tropical, con dos estaciones bien diferenciadas: la temporada de lluvias y la temporada seca. La época de lluvias comienza en torno al mes de octubre, alargándose hasta mediados de marzo.

El complejo, de veinte hectáreas, está en su mayoría utilizado para tareas agrícolas, si bien gran parte del mismo se encuentra cubierto por vegetación virgen. Alrededor del perímetro se alza el monte Nsaladzi, dando nombre a la zona y al río.



Ilustración 17. Monte Nsaladzi. Imagen tomada desde la escuela. Fuente: *elaboración propia*

El río Nsaladzi circunvala parte del terreno de la escuela. Se trata de un río cuyo caudal es elevado durante la época de lluvias mientras que en la época seca apenas lleva agua. Cuenta con una pequeña presa construida para regular el caudal de agua durante la estación húmeda.

En relación con la fauna local, predominan animales salvajes, como hienas, gacelas y alguna manada de elefantes. Es común también el avistamiento de reptiles como serpientes. Son numerosas las aves que sobrevuelan la zona, entre las que sorprende la presencia de búhos.

La intrusión de las hienas en el perímetro escolar ha ocasionado daños de diversa índole en los sistemas de tuberías de los baños ya que los animales, atraídos por algún olor, mordisquean y rompen las tuberías que transportan las aguas negras a las fosas sépticas.

2. La escuela

Bajo este marco de déficit de educación se pone en marcha en el año 2015 el proyecto de la mano de la Compañía de Jesús, con el objetivo de dar un nivel de educación de calidad a los jóvenes de la zona que, de otra manera, sería imposible obtener.

Desde un primer momento se decidió incorporar un servicio de internado para erradicar la preocupación de las familias en relación con el tema de transporte. Además, sabiendo de la importancia del sector agrícola en la economía de la región, se apuesta por la educación agrícola como distintivo del colegio. De este modo nació la ESIL.



Ilustración 18. Logo de ESIL. Fuente: *elaboración propia*

Nota: (A partir de este momento, al hacer referencia a la *escuela* se incluye también el internado, a no ser que se indique lo contrario).

El terreno donde se sitúa la escuela fue donado por la misión Jesuita establecida en el mismo lugar. Esta misión adquirió el terreno, de aproximadamente sesenta hectáreas, a un antiguo granjero de la zona. El granjero, de origen portugués, decidió vender la propiedad tras la independencia del país. De este modo, la Compañía de Jesús adquirió el terreno en el año 1975.

De estas sesenta hectáreas, veinte fueron donadas para las actividades y emplazamiento de la escuela. Gracias a ello son posibles las numerosas actividades que se desarrollan en la misma.

En el año 2014 el Padre Víctor Lembasa comenzó a talar los primeros árboles, preparando así el terreno donde se emplazaría la actual escuela. El Padre Víctor, de origen portugués, se hizo cargo de la escuela durante los primeros dos años.

El actual director, el Padre Heribert Müller, de origen alemán, fue asignado por la Compañía de Jesús a la escuela a principios del año 2016, debido a su experiencia adquirida en Zimbabwe, donde estuvo como misionero durante más de 20 años.

La escuela tiene una capacidad para aproximadamente 700 alumnos, tanto internos como externos. A pesar de ser una escuela secundaria, el plan de educación es diferente del que podemos encontrar en cualquier país europeo como España. Aquí la educación secundaria se alarga hasta los 18 años, edad a partir de la cual los jóvenes pueden empezar con los estudios universitarios. No obstante, debido a la precariedad de la educación en el país, raro es el caso que finaliza sus estudios a tal edad, siendo lo corriente terminarlos con edades comprendidas entre los 20 y 22 años.

Por otra parte, el internado cuenta con alrededor de 300 plazas, de las cuales raro es el año en que se ocupen más de 250. Esto es un claro síntoma del escaso desarrollo económico de la región.

A pesar de que el internado ofrece una tasa anual de 12.000 Mt por alumno en régimen de pensión completa (aproximadamente 170€ al cambio del momento, cerca de tres veces más barato que las escuelas públicas) no todas las familias de la zona pueden hacer frente a tal gasto.

El bajo precio ofrecido por la escuela es posible en parte a la financiación recibida por distintos colegios y residencias jesuitas situadas en Europa, especialmente en Alemania, Italia y España.

El internado consta de una sección masculina y otra femenina, estando prohibida la estancia en zonas del sexo opuesto, bajo pena de expulsión del centro.

Actualmente la escuela cuenta con un equipo formado por 16 profesores y profesoras y una comunidad Jesuita de 6 miembros. No obstante, la Compañía de Jesús utiliza este centro para la formación espiritual de nuevos candidatos, por lo que el movimiento de personas es constante. Además de la institución Jesuita y del equipo de profesores, la escuela alberga a 657 alumnos, de los cuales 227 son internos.

2.1. Dimensiones de la escuela

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la escuela está formada por seis edificios: el internado y la escuela propiamente dicha, así como de los edificios donde duermen los profesores y la casa de jesuitas.

En la escuela los alumnos, además de aprender las asignaturas oficiales de secundaria, tienen la oportunidad de adquirir formación agrícola, para lo cual cuentan con maquinaria pesada como tractores, excavadora, etc.

Son cinco los cursos impartidos en la escuela: *octava, nona, dezma, dezma primeira y dezma segunda*. Tras el último de estos se tiene la posibilidad acceder a estudios universitarios. Para ello, a diferencia de en España, no es necesario realizar una prueba a nivel nacional, sino que cada universidad realiza su propio examen de acceso.

Para facilitar la localización de cada uno de los edificios que forman la ESIL se presenta la siguiente imagen tomada desde lo alto de la colina, acompañada de un esquema explicativo:

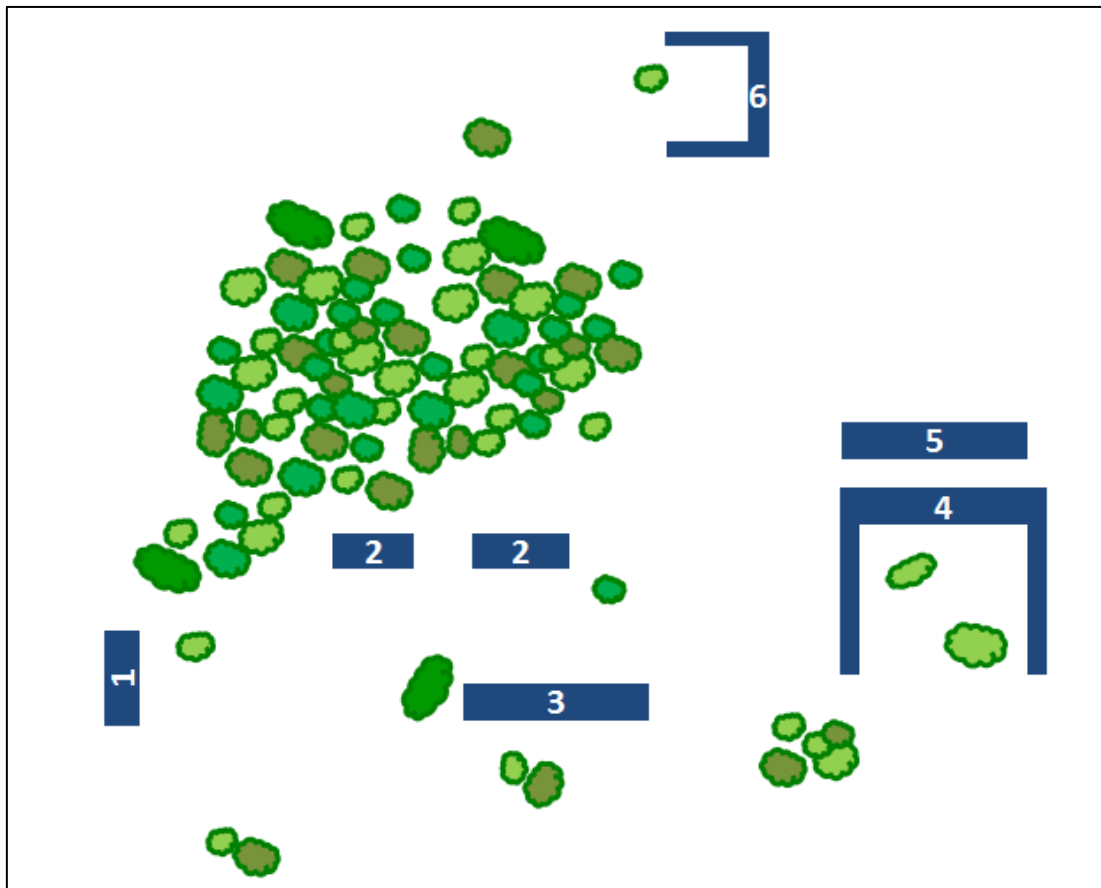


Ilustración 19. Situación de los edificios de ESIL. Fuente: *elaboración propia*

1.	Casa de jesuitas
2.	Vivienda de profesores/as
3.	Almacén ^(*)

4.	Internado
5.	Cocinas internado(*)
6.	Escuela

Además, para el segundo semestre escolar se espera la apertura de dos nuevos edificios en actual construcción.

Por un lado, un nuevo edificio que permitirá aumentar la infraestructura del internado, con nuevas instalaciones como cocinas, comedores, lavanderías, baños y vestuarios. También una nave que se utilizará para el almacenamiento de herramientas, vehículos y de los dos grupos electrógenos diésel.

Por otra parte, en el medio - largo plazo, la dirección de la escuela planea construir cinco nuevas casas familiares. Estas serán totalmente idénticas entre sí y en ellas se pretende instalar a las familias de algunos de los profesores y profesoras.

A continuación, se muestran las medidas de cada una de las instalaciones anteriormente mencionadas.

Edificios de viviendas				
Casa de Jesuitas				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Salón	1	4,24	5,7	24,2
Comedor	1	3,9	7,3	28,5
Cocina	1	2,7	3,8	10,3
Despensa	1	1,3	2,5	3,3
Sala de limpieza	1	1,9	3,9	7,4
Pasillo	1	1,5	19	28,5
Baño invitados	1	1,5	2,5	3,8
Habitaciones	6	2,6	4	10,4
Baños individuales	6	1,9	2,7	5,1
Capilla	1	2,6	4	10,4
Terraza	1	2	10	20,0
Casa de profesores 1				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Habitaciones	6	2,6	4	10,4
Pasillo	1	1,5	7,8	11,7
Sala común	1	4	5,5	22,0
Baño	1	2,9	5,5	16,0
Casa de profesores 2				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Habitaciones	4	2,6	4	10,4
Pasillo	1	1,5	13,5	20,25

Sala común	1	4	5,5	22,0	
Cocina	1	2,6	4	10,4	
Baño	1	2,9	6,7	19,43	
Casa de profesoras					
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)	
Habitaciones	3	2,60	4,15	10,79	
Pasillo	1	1,20	5,2	6,24	
Sala común	1	2,60	4,15	10,79	
Baño	1	5	1,66	8,3	
Almacén	1	2,63	4,41	11,60	
Edificio de cocinas					
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)	
SECCIÓN 1	Lavadero de platos	1	2,75	2,95	8,1
	Almacén frigorífico	1	3	3,15	9,5
	Dispensa	1	-	-	10,2
	Cocina de madera/carbón	1	4,25	4,6	19,6
	Estantería	1	1,3	3,6	4,7
	Pasillo	1	1,25	7,7	9,6
	Almacén madera/Carbón	1	-	-	13,5
SECCIÓN 2	Cocina de gas/eléctrica	1	5,8	9,4	54,5
SECCIÓN 3	Comedor	1	9,4	26,95	253,3
SECCIÓN 4	WC masculino	1	2,7	9,4	25,4
SECCIÓN 5	WC femenino	1	2,75	9,4	25,9
SECCIÓN 6	Lavandería masculina	1	-	-	74,3
	Vestuario masculino	1	2,3	4,7	10,8
SECCIÓN 7	Lavandería femenina	1	-	-	72,6
	Vestuario femenino	1	2,3	4,6	10,6
Almacén					
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)	
SECCIÓN 1	Almacén grande	1	11	21	231,0
SECCIÓN 2	Almacén pequeño	1	3	11	33,0
Internado					
Parte masculina					
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)	

Habitaciones	3	9,5	10,8	102,6
Baños	1	6,5	9,5	61,8
Sala de encargado	1	1,5	2,5	3,75
Habitación encargado	1	2,5	3	7,5
Habitación ministro	1	5	6,5	32,5
Habitación profesor	1	2,5	4,5	11,25
Parte femenina				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Habitaciones	2	9,5	10,8	102,6
Baños	1	5,92	10	59,2
Sala de encargada	1	2,5	3	7,5
Habitación encargada	1	5	6,5	32,5
Habitación encargada 2	1	2,5	4,5	11,25
Zonas comunes				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Sala TV	1	9,45	19,65	185,7
Almacén comida 1	1	4,1	9,45	38,7
Almacén comida 2	1	2,7	4,7	12,7
Almacén comida 3	1	2,7	4,75	12,8
Pasillo	1	2,75	9,45	26,0
Almacén Pequeño	1	4,9	9,45	46,3
Despacho	1	4,9	9,45	46,3
Comedor	1	9,45	20	189,0
Almacén grande	1	9,5	10,8	102,6
Escuela				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m²)
Aulas	14	7,7	8,8	67,8
Almacén #1	1	3	8,8	26,4
Almacén #2	1	3,8	8,8	33,4
Almacén #3	1	3,8	8,8	33,4
Almacén #4	1	3,8	8,8	33,4
Almacén #5	1	3	8,8	26,4
Sala común	1	3,8	8,8	33,4
Despacho Contable	1	3,8	8,8	33,4
Cine Loyola	1	8,8	11,4	100,3
W.C. Masculino	1	3,8	8,8	33,4
W.C. Femenino	1	3,8	8,8	33,4
Sala informática	1	7,7	8,8	67,8
Despacho Director Pedagógico	1	3,8	8,8	33,4
Despacho Director	1	3,8	8,8	33,4
Secretaría	1	7,7	8,8	67,8
Sala de profesores	1	7,7	8,8	67,8

Despacho Director Religioso	1	3,8	8,8	33,4
Secretaría de exámenes	1	3,8	8,8	33,4
Sala de lectura	1	7,7	8,8	67,8
Biblioteca	1	8,8	11,4	100,3
Sala sistema solar FV	1	3,8	8,8	33,4
Asociación estudiantes	1	3,8	8,8	33,4
Casas familiares				
Descripción	Unidades	Ancho (m)	Largo (m)	Superficie (m ²)
Habitaciones	2	2,6	4	10,4
Cocina	1	2,6	5	13
Pasillo	1	1,5	9	13,5
Sala común	1	2,6	3	7,8
Baño	1	2	2	4

Tabla 6. Medidas de los edificios de ESIL. Fuente: *elaboración propia*

En el apartado ANEXOS se puede encontrar el plano para cada uno de estos edificios.

2.2. Situación eléctrica actual de la ESIL

Actualmente la escuela cuenta con un sistema eléctrico mixto, compuesto por un sistema solar fotovoltaico, dos grupos diésel y un tercer grupo electrógeno alimentado por gasolina.

El sistema solar fotovoltaico cuenta con un banco de baterías para el almacenamiento de la energía. Los paneles están instalados en el tejado de una de las aulas del colegio, y es utilizado para alimentar a todos los consumos, tanto de la escuela propiamente dicha, como del internado, las viviendas de profesores/as y la casa de los Jesuitas.

Para complementar al sistema fotovoltaico, cuentan con dos grupos electrógenos diésel. En un principio había un solo grupo, pero con el fin de dar mayor robustez al sistema en caso de fallo, se decidió adquirir una segunda unidad.

Además, con el objetivo del abastecimiento de agua, tanto para consumo humano como para otras labores (limpieza, aseo, etc.) el complejo cuenta con tres bombas, encargadas de bombear agua desde los distintos pozos a los depósitos.

El sistema solar fotovoltaico consta de **51 paneles solares**, un banco de **40 baterías**, **3 inversores** y **4 reguladores**.

Es importante comentar que las actuales baterías tienen una antigüedad próxima a su vida útil. Esto es un aspecto para tener en cuenta a la hora de considerar los costes de la instalación. Esto no sucede con el resto de elementos, que fueron adquiridos de primera mano en el momento de su instalación, en el año 2015.

Durante la elaboración del proyecto se sufrió la pérdida de los tres inversores debido al impacto de un rayo en el sistema, siendo sustituidos por otros de similares características.



Ilustración 20. Elementos del sistema solar FV. Arriba izq: reguladores de carga; arriba drch: paneles solares FV; debajo izq: inversores; debajo drch: baterías. Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestran las principales características de cada uno de los elementos que componen el actual sistema solar FV.

PANELES SOLARES	
Fabricante	Victron Energy
Modelo	Policristalino 260/12
Tipo de celda	Policristalina
Cantidad de celdas en serie	60
Potencia nominal (W)	260
Tensión máxima (V)	30
Corriente máxima (A)	8,66
Tensión en vacío (V)	36,75
Corriente cortocircuito (A)	9,30
Rango de temperatura (°C)	-40 a 85 °C
Vida útil	25 años
Dimensiones (mm)	1640 x 992 x 40

INVERSORES	
Fabricante	AMARA RAJA
Modelo	AMARON 3.5/48
Potencia salida (W)	3500
Rango de frecuencia (Hz)	49 – 51
Consumo en vacío (W)	20/20/25

REGULADOR DE CARGA	
Fabricante	Victron Energy
Modelo	Blue Solar MPPT 150/70
V _{NOM} (V)	12/24/36/48 (automático)
I _{CARGA NOM} (A)	70
V _{ENTRADA MÁX FV} (V)	145 - 150
V _{ENTRADA MÍN FV} (V)	V _{BATERIA} + 7V en arranque
Eficacia a plena carga (%)	95% (12V) - 96,5% (24V) - 97% (36V) - 97,5% (48V)
Consumo en espera (W)	0,55 - 1
Dimensiones (mm)	350 x 160 x 135

BATERÍAS	
Fabricante	Whisper Power
Modelo	AGM Power
Tecnología	AGM
Capacidad (Wh)	2400
V _{NOM} (V)	12 -DC
Vida útil (años)	10
Ciclos	400

Eficiencia máxima (%)	0,93
T^a MÁX OPERACIÓN (°C)	0 a 45 °C
Dimensiones (mm)	310 x 290 x 450

Carga recomendada Límite de corriente (A)	60
Profundidad descarga (%)	0,7
Autodescarga (mensual, %)	< 3% (25°C)
Dimensiones (mm)	522 x 240 x 219

Tabla 7. Características del sistema solar FV

De todos estos elementos serán los inversores quienes definan la potencia de la instalación.

Asimismo, es conveniente indicar el régimen de funcionamiento de las baterías, pudiendo trabajar de manera continua en situaciones normales.

Con respecto a los grupos electrógenos, es importante diferenciar dos partes. En primer lugar, el grupo alimentado por gasolina, que se emplea exclusivamente para aportar electricidad a los ordenadores de la sala de informática; por otra parte, dos grupos alimentados por diésel.

Estos últimos trabajan de manera independiente, de tal forma que cada semana funciona uno distinto. El grupo que se encuentra en funcionamiento se encarga de alimentar directamente a los consumos y a los sistemas de bombeo de agua, además de cargar las baterías del sistema solar FV. De este modo, cuando anochece o no hay suficiente luz solar para la generación de los paneles, el grupo se activa, evitando que las baterías se descarguen.

Por tanto, a la hora de calcular qué porcentaje de demanda es abastecida por el sistema solar FV y cuál por los grupos electrógenos, se dimensionará considerando el grupo diésel de menor potencia.

El grupo eléctrico más antiguo es un BTA 255 MI fabricado por la brasileña WEG Máquinas LTDA, con una potencia máxima de 40 kW. Por otra parte, el segundo grupo, con 48 kW de potencia máxima, es un APD 660, del fabricante AKSA. Ambos grupos fueron instalados en la ESIL en el año 2015.



Ilustración 21. Grupos electrógenos diésel. Izquierda: GE 48kW. Derecha: GE 40kW. Fuente: elaboración propia

Por otra parte, el grupo electrógeno alimentado con gasolina pertenece al fabricante Turner Morris, modelo SPG 8500 E2.



Ilustración 22. Grupo electrógeno a gasolina. Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestran las principales características de cada uno de los GE descritos anteriormente.

GE diésel 1			
Fabricante	WEG		
Modelo	BTA 255 MI		
Potencia (KVA)	50		
Corriente (A)	131/75/65		
Voltaje (V)	220/380/440		
Frecuencia (Hz)	60	Potencia máxima (kW)	40
Cos φ	0,8		
Fase	3Phase		
RPM	1800		
GE diésel 2			
Fabricante	AKSA		
Modelo	APD 660		
Potencia (KVA)	60		
Corriente (A)	86,6/150,6		
Voltaje (V)	400/230		
Frecuencia (Hz)	50		
Cos φ	0,8	Potencia máxima (kW)	48
Fase	3Phase		

RPM	1500		
Grupo gasolina			
Fabricante	Turner Morris	Consumo (L/día)	2
Modelo	SPG 8500 E2		
Potencia (KVA)	10,4	Consumo (L/h)	1,3
Corriente (A)	27,2		
Voltaje (V)	220		
Frecuencia (Hz)	50		
Cos φ	0,6		
Fase	Single	Potencia máxima (kW)	6,5
RPM	1500		

Tabla 8. Principales características de los grupos electrógenos

Con respecto al bombeo de agua, actualmente se utilizan tres bombas eléctricas. La primera de ellas es una bomba sumergible, encargada de bombear agua del pozo principal. La segunda de ellas se utiliza para bombear el agua desde dicho pozo a los tanques de agua principales, mientras que la tercera, idéntica a la anterior, bombea agua desde dichos tanques hasta los depósitos de agua de la escuela.



Ilustración 23. Izq: motor eléctrico de bombeo de agua. Drch: bomba sumergible. Fuente: *elaboración propia*

Para aclarar la situación de cada una de las bombas, se ha elaborado un croquis de la instalación.

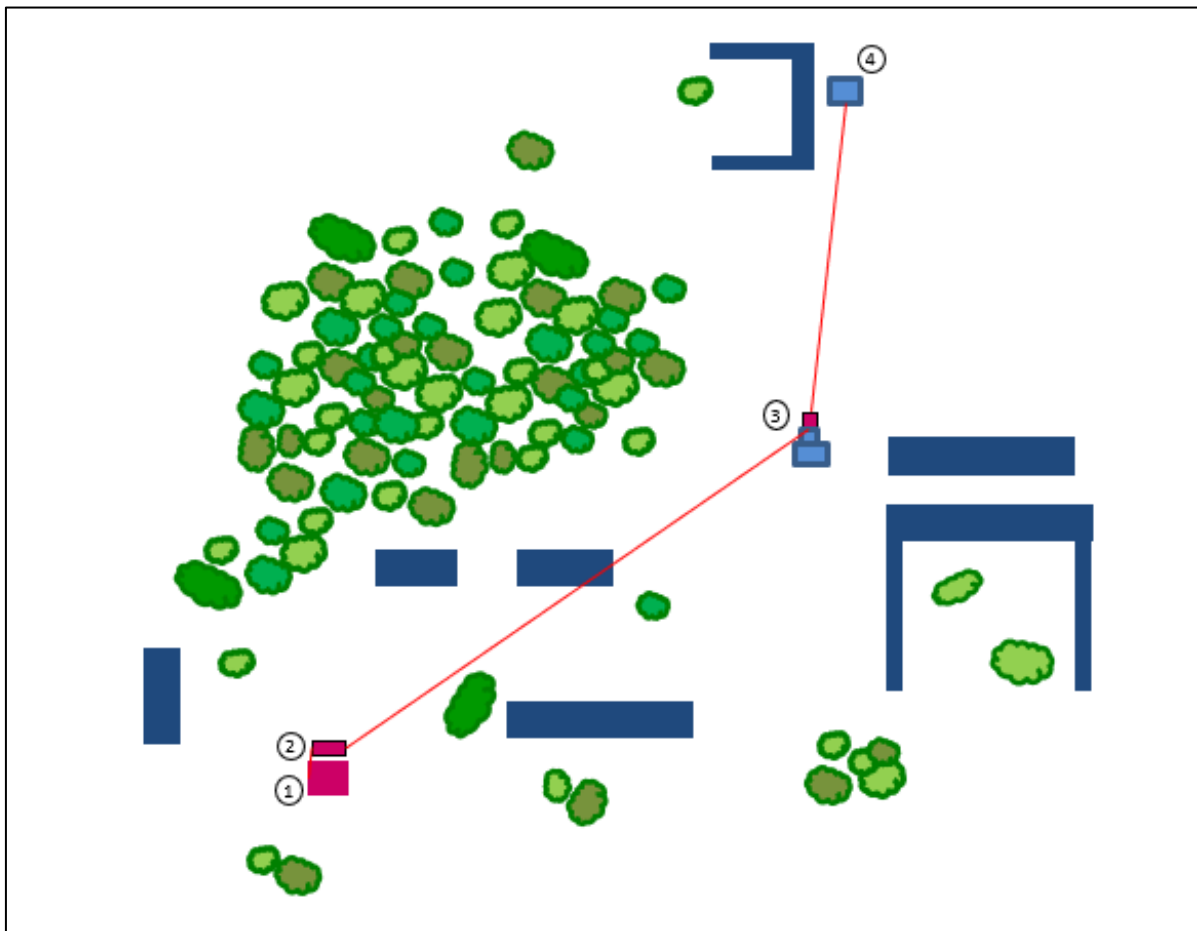
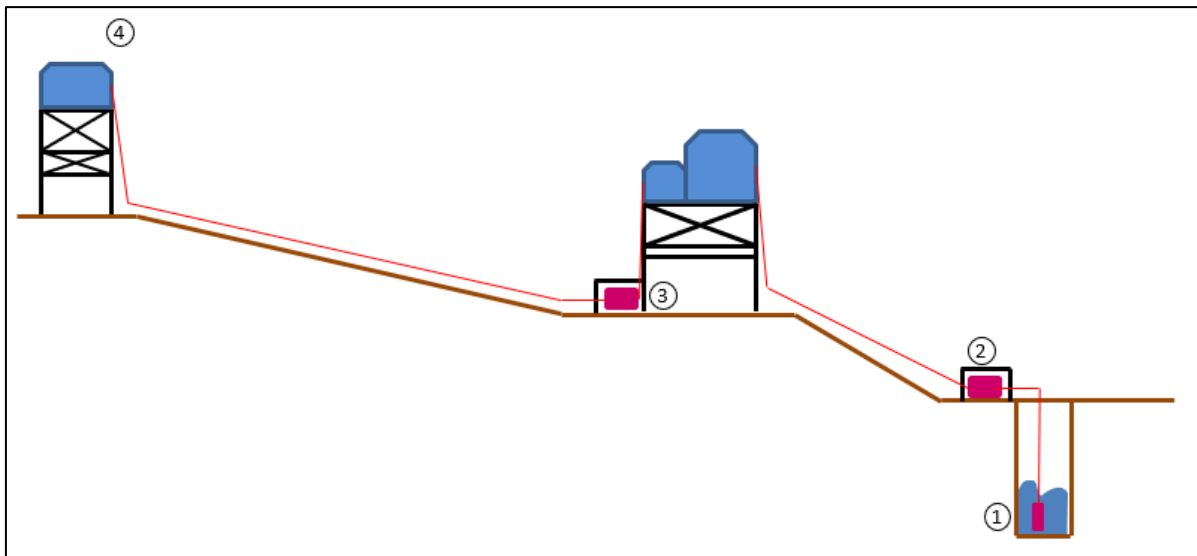


Ilustración 24. Esquema de Situación de los sistemas de bombeo de agua. Fuente: *elaboración propia*

A continuación, se muestran las características de cada bomba.

Sistemas de bombeo de agua		
Características	1. Bomba sumergible	Bombas 2 y 3
Fabricante	GRANSA	MAAT
Modelo	4ML - 07N	XC m 158
$P_{MÁX}$ (kW)	0,75	0,75
Tensión (V)	230	220/240
Corriente (A)	6,3	5,5
Frecuencia (Hz)	50	50
RPM	2900	2900
Fase	Simple	Simple

Tabla 9. Características de los sistemas de bombeo. Fuente: *elaboración propia*

Las bombas son alimentadas desde el sistema solar FV o, cuando esto no es posible, desde los grupos electrógenos.

A continuación, se muestran las cotas de cada uno de los puntos anteriormente mostrados.

1. Profundidad del pozo	20 m
2. Altura bomba sobre nivel del mar	1.145 m
3. Altura bomba sobre nivel del mar	1.174 m
4. Altura depósito sobre nivel del mar	1.199 m

Tabla 10. Altura de los distintos puntos de bombeo de agua. Fuente: *elaboración propia*

2.2.1. Estimación de consumos

Para realizar la medida de los consumos de la ESIL, se han tomado datos del tipo de instalaciones existentes (puntos de luz, tomas de fuerza, etc.) así como el hábito de consumo de jesuitas, profesores y estudiantes.

A pesar de que las medidas de dichos consumos se han obtenido durante los meses de nuestra estancia (enero – junio), se han extrapolado los resultados para los restantes meses del año.

Además, debido a la climatología y al tipo de instalaciones, se ha considerado que el consumo no varía de un día a otro durante los meses en los que transcurren las clases (desde febrero hasta diciembre).

A la hora de estimar dichos consumos se han considerado los siguientes supuestos:

- El edificio de la escuela se encuentra en funcionamiento 5 días a la semana, a diferencia del resto de instalaciones que funcionan durante todos los días de la semana.

$$Factor\ de\ funcionamiento = 5/7 = 0,71$$

- Para la iluminación de todas las instalaciones de la ESIL se utilizan bombillas de muy bajo consumo. Debido a la gran variedad de modelos empleados (en función de su potencia nominal), se ha decidido tomar un valor medio para poder ajustar de una manera más simplificada los consumos actuales y poder así definir de un modo más preciso la generación necesaria.

En la mayor parte de casos se emplean bombillas de entre 13 – 20 W. Por tanto, se ha tomado una potencia media de 16W. A este valor se le ha aplicado un coeficiente de seguridad del 20%, teniendo así bombillas con potencias normalizadas de 19W.

Nota: para la iluminación exterior se han empleado bombillas de 7W.

- Las tomas de fuerza se usan, por lo general, para la carga de dispositivos móviles en todos los edificios de la ESIL (teléfonos en su mayoría). Se ha considerado un consumo de 10Wh. Se asume que la carga de los móviles se realiza en 2h.

No se ha considera aquí la utilización de otros electrodomésticos (neveras, planchas, etc.) ya que su estudio se realizará de manera independiente, tal y como se observa más adelante en los cálculos de los consumos.

Además, en el caso del internado, los alumnos tienen prohibido el uso de teléfonos móviles.

No obstante, se empleará un factor de simultaneidad de 0,60 ya que no todos los puntos de carga se emplearán simultáneamente.

$$F_{SIMULTANEIDAD} = 0,60$$

- A pesar de que la escuela disponga de una sala de informática, todos los equipos (20 ordenadores) están alimentados directamente de un grupo electrógeno de gasolina. Por lo tanto, no son parte de este estudio.
- Para el resto de ordenadores e impresoras instaladas en los distintos edificios (secretaría, despachos, etc.) se asume un consumo de 60Wh. Por otra parte, se fija un consumo de 80Wh para las televisiones.
- Para los equipos de música se ha considerado un consumo de 100Wh.
- Todas las cámaras frigoríficas instaladas en el complejo son iguales, con un consumo de 372kWh/año.
- Se asume que el consumo de una plancha es de aproximadamente 1000Wh. Además, solo se emplearán cuando los generadores se encuentren encendidos. De este modo no se tendrá en consideración para el dimensionamiento del sistema solar.

- Se ha empleado un factor de seguridad del 10% para toda la instalación.

$$F_S = 1,1$$

El dimensionado de la instalación se ha realizado en función del máximo consumo puntual. A continuación, se muestran los consumos diarios y mensuales de todas las instalaciones.

Instalaciones		Consumo (kWh/día)	Consumo mensual (kWh)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Casas	Jesuitas	3,40	105,3	95,1	105,3	105,3	105,3	101,9	105,3	105,3	101,9	105,3	101,9	105,3
	Profesores 1	1,84	57,0	51,4	57,0	57,0	57,0	55,1	57,0	57,0	55,1	57,0	55,1	57,0
	Profesores 2	1,30	40,2	36,3	40,2	40,2	40,2	38,9	40,2	40,2	38,9	40,2	38,9	40,2
	Profesoras	0,79	24,4	22,0	24,4	24,4	24,4	23,6	24,4	24,4	23,6	24,4	23,6	24,4
Internado		5,32	164,8	148,8	164,8	164,8	164,8	159,5	164,8	164,8	159,5	164,8	159,5	164,8
Escuela		1,49	46,3	41,8	46,3	46,3	46,3	44,8	46,3	46,3	44,8	46,3	44,8	46,3
Bombas agua		0,86	26,8	24,2	26,8	26,8	26,8	25,9	26,8	26,8	25,9	26,8	25,9	26,8
TOTAL		14,99	464,7	419,7	464,7	464,7	464,7	449,7	464,7	464,7	449,7	464,7	449,7	464,7
TOTAL *F_S [kWh/día]		16,49	511,1	461,7	511,1	511,1	511,1	494,7	511,1	511,1	494,7	511,1	494,7	511,1

Tabla 11. Consumo actual medio de ESIL. Fuente: *elaboración propia*

En el apartado ANEXOS puede encontrar un desglose completo y detallado de todos los consumos de ESIL.

2.2.2. Estado actual del abastecimiento eléctrico

Por tanto, una vez conocidos los consumos de las instalaciones, el siguiente paso lógico es analizar qué demanda es capaz de abastecer el actual sistema instalado. Para ello se han seguido los pasos mencionados en el Dimensionado del sistema solar FV1 más adelante.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Número de paneles	51	260W
Número baterías	40	200Ah
Número inversores	3	3,5kVA
Número reg. Carga	4	70A
Producción diaria	11,18 kWh/día	
Corriente diaria	931,5A	
Capacidad almacenamiento	6.152,6Ah	
Potencia inversores	7.115W	
Corriente regulador	592,9A	

Tabla 12. Estado actual del abastecimiento eléctrico. Fuente: *elaboración propia*

Como puede observarse de la anterior tabla, el actual sistema no es capaz de abastecer el 100% de la demanda. De los 16.49kWh demandados diariamente, solo se abastecerán 11.18 con el sistema de generación solar FV. Esto supone que 5.31kWh quedarán fuera del alcance del sistema.

Por tanto, con el fin de dar soporte al actual sistema para que pueda responder a tal demanda, se emplearán grupos electrógenos diésel. En los siguientes apartados se analizará que porcentaje de consumo es abastecido por cada tipo de generación, comparándola con la distribución óptima.

2.2.3. Distribución actual de generación fotovoltaica y grupos electrógenos

El actual sistema de abastecimiento de energía (solar fotovoltaico + GE) está diseñado para abastecer su máxima capacidad de producción. Así, no se ha tenido en cuenta que porcentaje de consumo debería cubrir cada parte del sistema y, por lo tanto, no se ha alcanzado la distribución óptima posible.

Como se ha comentado en el anterior apartado, el presente sistema solar fotovoltaico tiene capacidad para abastecer un total de 11.48 kWh/día, mientras que el consumo total de la instalación asciende hasta los 16.49 kWh/día, lo que supone que 5.31kWh deberán ser abastecido por los generadores diésel.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de generación actual:

Demanda total	16,49 kWh/día	100%	Incluye $F_s = 10\%$
Producción generación FV	11,18 kWh/día	67,8%	
Producción grupos diésel	5,31 kWh/día	32,2%	

Tabla 13. Distribución de generación actual. Fuente: *elaboración propia*

En el siguiente apartado se verá como esta distribución no es la óptima. Esto se traduce en un aumento en los costes de operación y mantenimiento tanto de los grupos electrógenos como del sistema solar FV.

2.2.4. Distribución óptima de generación fotovoltaica y grupos electrógenos

Para conocer cuál es la distribución óptima de generación es necesario distinguir entre la situación de funcionamiento normal y de emergencia.

Durante la situación de funcionamiento normal el sistema se encontrará con ambos sistemas operativos, tanto la generación mediante paneles solares FV como a través de los grupos electrógenos. Por el contrario, la situación de emergencia será aquella en la que la generación se realice exclusivamente mediante paneles solares FV, es decir, se produzca la pérdida de los grupos generadores.

Asimismo, para no producir un colapso en el sistema de generación FV y disminuir la potencia instalada durante la situación de emergencia, se reduce el número de horas de uso de gran parte de los sistemas, tal y como se muestra en el apartado ANEXOS.

Durante la situación de funcionamiento normal, la potencia instalada es de 7576.3W, de los cuales 2976.3W corresponde a potencia en CC y los 4600W restantes a CA. Por otra parte, en la situación de emergencia, la potencia instalada total cae hasta los 4742.3W, correspondientes a 3002.3W de potencia instalada en CC y 1740W a CA.

En CC para ambas situaciones la potencia es cubierta exclusivamente por el sistema solar FV, por lo que no es necesario el uso de inversor ya que tanto la generación como el consumo se lleva a cabo en CC.

Asimismo, la potencia instalada en CA para la situación normal es cubierta en parte por los grupos electrógenos y por el sistema solar FV, empleando para ello inversores, mientras que, en la situación de emergencia, es abastecida únicamente por el sistema solar FV.

En la siguiente tabla se muestra esta distribución:

	Situación NORMAL	Situación EMERGENCIA
Potencia instalada en CC (W)	2976,3	3002,3
Potencia instalada en CA (W)	4600	1740
Potencia TOTAL instalada (W)	7576,3	4742,3

	Generación Solar FV	Generación Solar FV + GE
Situación NORMAL	2976,3	4600
Situación EMERGENCIA	4742,3	-

Tabla 14. Distribución de la potencia instalada actual

De este modo, a la hora de dimensionar el sistema, se deberá considerar que la mínima potencia a cubrir por el sistema solar FV será la correspondiente a la situación de emergencia, es decir, 4742.3W.

Por tanto, al estar el sistema solar FV diseñado para cubrir como mínimo el consumo en situación de emergencia, en caso de que esta no se llegue a producir, habrá un exceso

de generación correspondiente a la diferencia entre el consumo en situación de emergencia y en situación normal, de $4742,3 - 2976,3 = 1766W$.

Así, este excedente podrá ser aprovechado para cubrir parte del consumo en CA en situación normal mediante el sistema solar FV. De esta manera, potencia restante tendrá que ser abastecida por los grupos electrógenos: $4600 - 1766 = 2834W$.

4742,3W	Correspondiente al consumo en situación de emergencia
2976,3W	Correspondiente al consumo en CC en situación normal
1766,0W	Diferencia entre la situación de emergencia y la normal. Consumo que sobraría en situación normal y puede ser abastecido por la FV
4600,0W	Potencia consumida en CA en situación normal
2834,0W	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE

De este modo, de los 7576.3W totales, el **sistema solar FV deberá abastecer 4742.3W (62.6%)** mientras que los **grupos electrógenos proporcionarán los restantes 2834W (37.4%)**.

Al igual que para el actual sistema eléctrico utilizado en la escuela, se analizará la distribución óptima entre generación FV y mediante grupos diésel para el futuro sistema de generación utilizado. Todo ello se dispondrá de manera más extensa en el apartado de ANEXOS.

2.2.5. Ahorro energético frente al consumo actual

Durante la etapa de toma de datos del proyecto, que tuvo lugar durante las tres primeras semanas del mismo, llama la atención la gran cantidad de horas que permanecen iluminadas muchas de las instalaciones.

He aquí uno de los mayores problemas en el consumo de este tipo de instalaciones en países en vía de desarrollo. La gran mayoría de la gente tiene la visión de que la electricidad que consumen se genera de manera gratuita, por lo que no existe la preocupación de cuidar de ella. De ahí que, por ejemplo, los baños o pasillos de las viviendas estén encendidos durante más de 14h al día, ya haga sol o no.

Son varias las soluciones que pueden plantearse ante este tipo de problemas. Cabe decir que se trata de soluciones no excluyentes, es decir, son complementarias entre ellas.

En primer lugar, todo pasa por concienciar y sensibilizar a los usuarios finales de la importancia del ahorro energético, a través de charlas, talleres o cualquier otra actividad enfocada en la educación.

En un ambiente escolar como el aquí presente, es importante primero tratar con los profesores, pues está en su mano retransmitir toda esta información a los alumnos.

Por otra parte, la posibilidad de conectar ciertos elementos que permitan regular de manera eficaz ciertos consumos supondría un importante ahorro energético. Un ejemplo de ello sería la instalación de sensores de movimiento en zonas públicas (zonas de tránsito como pasillos o servicios) o temporizadores en salas cuyo uso sea puntual (por ejemplo, almacenes).

Se ha realizado un pequeño estudio a nivel energético sobre el ahorro que supondría una mayor sensibilización en relación al consumo excesivo. Para ello se han estimado los posibles consumos que se tendrían si se aplicasen las medidas anteriormente mencionadas.

		Consumo (kWh/día)	Consumo mensual (kWh)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Edificios viviendas	Jesuitas	3,32	102,9	92,9	102,9	102,9	102,9	99,6	102,9	102,9	99,6	102,9	99,6	102,9
	Profesores1	0,97	30,1	27,2	30,1	30,1	30,1	29,1	30,1	30,1	29,1	30,1	29,1	30,1
	Profesores2	0,63	19,6	17,7	19,6	19,6	19,6	18,9	19,6	19,6	18,9	19,6	18,9	19,6
	Profesoras	0,79	24,4	22,0	24,4	24,4	24,4	23,6	24,4	24,4	23,6	24,4	23,6	24,4
Internado		5,32	164,8	148,8	164,8	164,8	164,8	159,5	164,8	164,8	159,5	164,8	159,5	164,8
Escuela		1,25	12,4	11,2	12,4	12,4	12,4	12,0	12,4	12,4	12,0	12,4	12,0	12,4
Bombas agua		0,86	26,8	24,2	26,8	26,8	26,8	25,9	26,8	26,8	25,9	26,8	25,9	26,8
TOTAL		12,29	380,9	344,1	380,9	380,9	380,9	368,7	380,9	380,9	368,7	380,9	368,7	380,9
TOTAL*F_s [kWh]/día transporte		14,45	419,1	378,5	419,1	419,1	419,1	405,5	419,1	419,1	405,5	419,1	405,5	419,1

Tabla 15. Consumos de la situación mejorada. Fuente: *elaboración propia*

En el apartado ANEXOS se puede encontrar de manera detallada el desglose de los consumos estimados para la anterior situación.

De este modo, reduciendo los consumos, la potencia requerida de los paneles es menor y, por tanto, el tamaño del sistema solar empleado.

Bajo esta hipótesis, se calcula también el porcentaje de energía abastecido por cada sistema generador.

SITUACIÓN NORMAL	Demanda diaria	14,45kWh
	P _{TOTAL INSTALADA, CC}	2.911W
	P _{TOTAL INSTALADA, CA}	2.600W
	% abastecido por generación solar FV	84,40%
	% abastecido por grupos electrógenos	15,6%
SITUACIÓN EMERGENCIA	Demanda diaria	12,87kWh
	P _{TOTAL INSTALADA, CC}	2.911W
	P _{TOTAL INSTALADA, CA}	1.740W
	% abastecido por generación solar FV	100%
	% abastecido por grupos electrógenos	0

Tabla 16. Porcentaje de potencia abastecido por cada sistema para la situación mejorada. Fuente: *elaboración propia*

A continuación, se muestra una comparativa entre el número de elementos necesarios para abastecer la demanda actual y la demanda mejorada. Para poder realizar de manera más realista dicha comparación, se ha supuesto emplear equipos de iguales características (fabricante, modelo, etc.) que los utilizados actualmente.

	Situación MEJORADA	Situación ACTUAL
Demanda [kWh/día]	14,45	16,49
% abastecido por generación FV	84,4%	67,8%
Demanda abastecida por generación FV [kWh/día]	12,20	11,18
Elemento	Cantidad	
Paneles solares FV 260W	66	51
Baterías 200Ah	34	40
Inversores 3.5kVA	3	3
Reguladores 70A	11	4

Tabla 17. Comparativa entre situación actual y mejorada. Fuente: *elaboración propia*

A pesar de que más adelante se realizará un análisis financiero sobre la instalación a emplear, a continuación, se muestra una breve comparativa respecto a los costes de operación entre el sistema actual y el anteriormente mostrado.

Asimismo, un menor consumo supondría reducir la utilización de los grupos electrógenos y, por tanto, una reducción directa en sus costes de operación (combustible) y de mantenimiento.

Para conocer el consumo de combustible de cada grupo generador basta con acudir a su hoja de características, concretamente a su curva consumo – potencia.

A continuación, se muestran las curvas consumo – potencia de cada uno de los dos grupos generadores diésel.

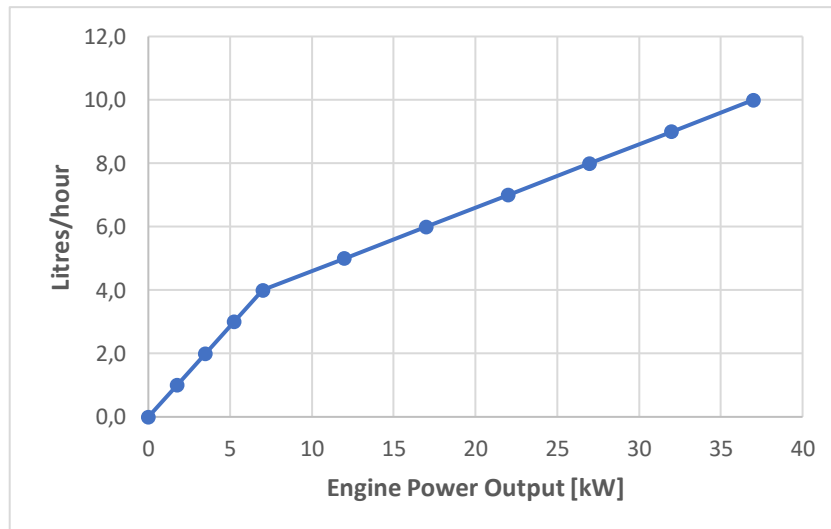
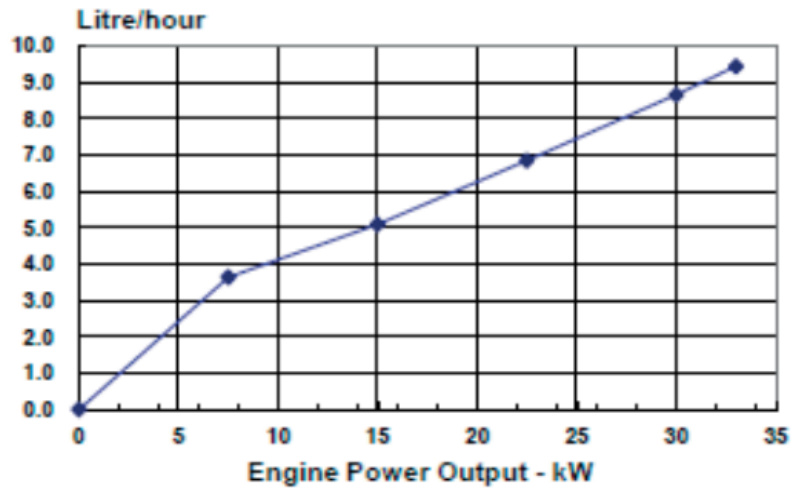


Ilustración 25. Curva Consumo - Potencia del grupo electrógeno diésel 1 (arriba) y 2 (abajo)

La siguiente tabla muestra los costes de operación de los grupos electrógenos tanto de la situación actual como de la situación mejorada.

	Grupos electrógenos	Consumo (L/h)	Tiempo funcionamiento			Gasto diario		Gasto semanal		Gasto mensual	
			horas/día	horas/semana	horas/mes	€	MTM	€	MTM	€	MTM
ACTUAL	GE diésel 1	2,6	3,5	17,5	105	9,13 €	648 MTM	45,66 €	3.242 MTM	273,96 €	19.451 MTM
	GE diésel 2	3,1	3,5	17,5	105	10,89 €	773 MTM	54,44 €	3.865 MTM	326,65 €	23.192 MTM
	GE gasolina	1,3	1,5	7,5	33	2,12 €	151 MTM	1	753 MTM	46,67 €	3.314 MTM
								COSTE TOTAL MENSUAL		346,97 €	24.635 MTM
	Grupos electrógenos	Consumo (L/h)	Tiempo funcionamiento			Gasto diario		Gasto semanal		Gasto mensual	
			horas/día	horas/semana	horas/mes	€	MTM	€	MTM	€	MTM
MEJORADA	GE diésel 1	1,4	3,5	17,5	105	4,92 €	349 MTM	24,59 €	1.746 MTM	147,52 €	10.474 MTM
	GE diésel 2	1,5	3,5	17,5	105	5,27 €	5 MTM	26,34 €	1.870 MTM	158,05 €	11.222 MTM
	GE gasolina	1,3	1,5	7,5	33	2,12 €	151 MTM	10,61 €	753 MTM	46,67 €	47 MTM
								COSTE TOTAL MENSUAL		199,46 €	10.894 MTM

Tabla 18. Costes de operación de grupos diésel para la situación actual y mejorada

Como puede observarse, los costes de operación de los generadores son bastante elevados. Si bien no es posible optimizar el funcionamiento del grupo de gasolina (ya que únicamente alimenta a la sala de informática), si se puede hacer lo propio con los grupos diésel.

De este modo el ahorro en situaciones normales sería de 147,51€ mensuales, sin considerar el ahorro en costes de mantenimiento.

2.3. Análisis de necesidades futuras

Debido a la construcción de los nuevos edificios mencionados en el apartado *Dimensiones de la escuela*, el abastecimiento de electricidad debe dimensionarse acorde a dichas necesidades.

A continuación, se muestran los consumos estimados para la futura situación de la escuela.

Instalaciones		Consumo (kWh/día)	Consumo mensual (kWh)											
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Casas	Jesuitas	3,40	105,3	95,1	105,3	105,3	105,3	101,9	105,3	105,3	101,9	105,3	101,9	105,3
	Profesores 1	1,84	57,0	51,4	57,0	57,0	57,0	55,1	57,0	57,0	55,1	57,0	55,1	57,0
	Profesores 2	1,30	40,2	36,3	40,2	40,2	40,2	38,9	40,2	40,2	38,9	40,2	38,9	40,2
	Profesoras	0,79	24,4	22,0	24,4	24,4	24,4	23,6	24,4	24,4	23,6	24,4	23,6	24,4
	Familiares	8,65	268,3	242,3	268,3	268,3	268,3	259,6	268,3	268,3	259,6	268,3	259,6	268,3
Internado		2,71	83,9	75,8	83,9	83,9	83,9	81,2	83,9	83,9	81,2	83,9	81,2	83,9
Cocinas		13,69	424,4	383,3	424,4	424,4	424,4	410,7	424,4	424,4	410,7	424,4	410,7	424,4
Escuela		1,49	46,3	41,8	46,3	46,3	46,3	44,8	46,3	46,3	44,8	46,3	44,8	46,3
Almacén		1,00	31,0	28,0	31,0	31,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0
Bombas de agua		1,19	36,8	33,3	36,8	36,8	36,8	35,6	36,8	36,8	35,6	36,8	35,6	36,8
TOTAL		36,05	1118	1009	1118	1118	1118	1081	1118	1118	1081	1118	1081	1118
TOTAL*Fs [kWh]		39,65	1229	1110	1229	1229	1229	1190	1229	1229	1190	1229	1190	1229

Tabla 19. Consumo futuro medio de ESIL. Fuente: elaboración propia

En el apartado ANEXOS se puede encontrar de manera detallada los cálculos de los anteriores consumos.

Para el dimensionado de los nuevos sistemas de generación se han establecido diversos criterios. Como primera opción, se ha realizado un estudio según los requerimientos iniciales de los usuarios de la instalación. Adicionalmente, se ha estudiado una segunda alternativa, según se muestra a continuación.

- OPCIÓN 1**
- Sistema solar FV propio para abastecer las necesidades de la casa de jesuitas, de manera que tengan independencia energética del resto de la escuela.
 - Sistema solar FV individual para cada una de las cinco casas familiares, de modo que cada familia sea responsable del mantenimiento del mismo.
 - Un sistema solar FV que abastezca las necesidades del nuevo edificio de cocinas.
 - Emplear el sistema solar FV actual para alimentar los consumos de la escuela, internado, almacén, actuales casas de profesores y bombeo de agua.
- OPCIÓN 2**
- Mantener el sistema solar FV actual, que alimenta la casa de jesuitas, el edificio de la escuela, el internado y las actuales habitaciones de profesores.
 - Emplear paneles solares independientes para la alimentación de bombas de agua.
 - Un sistema solar FV para el nuevo edificio de cocinas y almacenes.
 - Un sistema solar FV centralizado para las cinco casas familiares.
 - Empleo de un sistema basado en biodigestores para la producción de gas para las cocinas.

Esta segunda alternativa se ha planteado debido a diversos motivos. En primer lugar, para facilitar el mantenimiento de las instalaciones, apostando por sistemas centralizados (como en las casas familiares). Por otra parte, simplificar las tareas de puesta en marcha,

manteniendo el actual sistema solar FV para abastecer a los mismos consumos. Por último, con el fin de abaratar la inversión inicial, emplear menos elementos y hacerlo de una manera más óptima.

En el CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO se realizará una comparación económica de cada una de las opciones, contrastándolas entre ellas con el fin de decidir cuál es la más eficiente teniendo en cuenta en todo momento la situación económica de la ESIL.

Además de esto, se analizarán otras posibles alternativas de generación de electricidad que puedan emplearse en este proyecto, tales como el uso de otro tipo de energías renovables como la eólica o la extensión de la red de suministro eléctrico

CAPÍTULO 3: CÁLCULOS

La presente sección describe los cálculos necesarios para dimensionar los sistemas de generación eléctrica, tanto para la escuela como para la misión.

Debido a una falta de regulación de sistemas de generación para autoconsumo en la legislación mozambiqueña, se han diseñado los sistemas en función de la normativa y recomendaciones establecidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), el cual fija la normativa española para este tipo de instalaciones.

El estudio sobre el dimensionado de estos sistemas sirve como comparativa con el sistema actualmente instalado. Asimismo, se incluye el estudio para el dimensionado de los sistemas de generación necesarios para cubrir las necesidades futuras.

Los grupos electrógenos actuales son los empleados para dimensionar el sistema. No obstante, se ha buscado optimizar su uso, estudiando el porcentaje de electricidad que deberán generar, desde un punto de vista técnico – económico.

1. Dimensionado del sistema solar FV

El dimensionado del sistema solar FV se realizará de manera conjunta tanto para la escuela como para la misión. Esto es posible debido que ambos proyectos se encuentran situados en la misma zona, por lo que los parámetros de diseño tales como la inclinación, orientación y hora solar pico son idénticos.

Por otro lado, a la hora de dimensionar la capacidad de los módulos solares, baterías, etc. se diferenciará entre un sistema y otro, ya que los consumos distan mucho de ser iguales.

Radiación solar

Con el objetivo de medir la radiación solar que incide en una superficie, se define el término *irradiancia*, que determina la densidad de potencia incidente en una superficie, medida en kW/m^2 .

Por otra parte, se define el término de *irradiación*, que determina la energía incidente por unidad de superficie a lo largo de un cierto periodo de tiempo, medida en kWh/m^2 .

En la siguiente tabla se recogen los valores medios mensuales de irradiación diaria sobre una superficie horizontal, medidos en $\text{kWh/m}^2\text{-día}$.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
5.18	5.34	5.52	5.33	5.04	4.55	4.65	5.38	6.21	6.51	6.09	5.35	5.43

Tabla 20. Irradiación media mensual ($\text{kWh/m}^2\text{día}$). Fuente: WEER

El dimensionado del sistema se deberá hacer en función del mes más desfavorable, correspondiente al mes de junio.

Ángulo de inclinación y orientación de los paneles

La radiación que reciben los módulos solares depende en gran medida de su orientación e inclinación, representados por el ángulo α y β , respectivamente.

La inclinación (azimut) define los grados de desviación respecto a la orientación sur en el hemisferio norte y a la orientación norte en el hemisferio sur.

La orientación óptima, α_{OPT} , dependerá del hemisferio donde se sitúe la instalación (hemisferio sur en este caso). Por tanto, la orientación de los módulos solares deberá realizarse respecto al norte geográfico.

Por otra parte, la inclinación representa los grados de superficie con respecto a la horizontal. La inclinación óptima, β_{OPT} , dependerá de la latitud, así como del tipo de instalación en función de su uso: en instalaciones aisladas el diseño debe realizarse de modo que se satisfaga la energía en los meses más desfavorables.

El ángulo de inclinación óptimo (β_{OPT}) se obtiene como:

$$\beta_{OPT} = 3.7 + 0.69 \cdot \phi$$

Donde ϕ representa la latitud. En este caso, la escuela se sitúa en 14°54' de latitud sur. De este modo la inclinación óptima es de 13,4°. No obstante, con el objetivo de facilitar los cálculos de dimensionado en base a datos estandarizados, se escoge el ángulo de inclinación óptimo normalizado más próximo, de 15°.

$$\beta_{OPT} = 15^\circ$$

Factor de corrección K

El factor de corrección K representa el cociente entre energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal.

Este factor se obtiene a partir de la latitud donde se encuentra la instalación, el ángulo de inclinación anteriormente calculado y considerando además el mes más desfavorable.

Para ello se emplean tablas normalizadas donde se define el valor de K según los parámetros anteriormente mencionados.

Latitud 14°	Factor de corrección K											
INCL.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
15°	1,09	1,06	1,02	0,97	0,94	0,92	0,94	0,97	1,02	1,07	1,1	1,1

Tabla 21. Factor de corrección K para la situación de la escuela. Fuente: *Clean Energy Solar*

De este modo, para el mes de junio se obtiene un factor de corrección de 0,92.

En el apartado ANEXOS se incluyen las tablas para las distintas latitudes y ángulos de inclinación

Una vez conocido el factor K, se vuelve a calcular el nuevo valor de irradiación para el mes más desfavorable.

Hora Solar Pico (HSP)

La hora solar pico se emplea para medir la irradiación solar y se define como el tiempo (en horas) de una hipotética irradiancia solar de valor constante e igual a 1000 W/m².

Como la irradiancia no es igual en el tiempo, es decir, varía constantemente, es de vital importancia conocer el valor de la HSP. Para instalaciones de uso anual es necesario considerar

los meses más desfavorables. En el hemisferio sur, estos meses corresponde a la parte central del año, es decir, de junio a agosto.

El valor de la HSP se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$HSP = \frac{1}{3,6} * K * K' * K'' * H = \frac{1}{3,6} * K * K'' * H'$$

Donde:

- K Coeficiente corrector por efectos atmosféricos
- K' Coeficiente corrector por inclinación del panel FV
- K'' Coeficiente corrector por desviación del panel con respecto al sur geográfico
- H' Valor corregido de irradiación por inclinación

Además, es necesario considerar un valor de corrección atmosférico. Este permite corregir el valor de irradiación media en función de la contaminación atmosférica presente.

Para ubicaciones donde la contaminación es elevada se toma un valor de corrección de 0,95; mientras que para zonas poco contaminadas se toma un coeficiente de 1,05.

H	4,55
K	1,05
K'	0,92
K''	1
HSP (horas)	1,22

Tabla 22. Valores empleados para la obtención de la HSP

Días de autonomía de la instalación

Según el IDAE, *'el instalador podrá elegir el tamaño del acumulador y del generador en función de las necesidades de autonomía del sistema, de la probabilidad de pérdida de carga del sistema y de cualquier otro factor que quiera considerar [...]'. No obstante, como norma general la autonomía mínima de sistemas con acumulador será de tres días'.*

De este modo, teniendo en cuenta la situación en donde se desarrollará el proyecto, se ha optado por determinar en cuatro los días de autonomía de la instalación.

$$\text{Días de autonomía (N)} = 4$$

Profundidad de descarga de la batería

La profundidad de descarga se define como el porcentaje de la capacidad total de la batería que se emplea durante un ciclo de carga o un ciclo de descarga.

Suele ser un dato facilitado por el fabricante de la batería para conocer de manera aproximada la vida útil de la misma. De este modo, cuantos más ciclos de descarga y cuanto mayor sea la frecuencia con la que se produzcan, menor será la vida útil de la batería.

En instalaciones donde no se prevean descargas profundas de manera frecuente, la máxima profundidad de descarga no sobrepasará el 80%. Los cálculos realizados para el dimensionado de todos los sistemas solares FV se han efectuado bajo un valor para la profundidad de descarga del 75%.

$$\text{Profundidad de descarga (PD)} = 75\%$$

Performance Ratio (PR)

El factor de rendimiento o *performance ratio* es un parámetro que permite definir el rendimiento energético de la instalación solar FV para el periodo de diseño.

Se indica en porcentaje y expresa la relación entre el rendimiento real de la instalación y su rendimiento nominal. Por tanto, se trata de un coeficiente que incluye pérdidas debidas a distintas causas, como la suciedad, el cableado, temperatura y debido a la eficiencia de otros elementos tales como la batería o el regulador de carga. A continuación, se muestran los coeficientes que consideran tales pérdidas:

- K_1 Coeficiente debido a la autodescarga de las baterías. Suele tomarse valores entre el 0 – 2%
- K_2 Coeficiente debido al rendimiento de la batería. Si no es dato del fabricante se toman valores de entre el 0 – 20%
- K_3 Coeficiente debido al rendimiento del inversor. Por defecto se toman valores comprendidos entre el 5 – 20%
- K_4 Coeficiente debido al rendimiento del regulador de carga. Se toman valores de entre el 5 – 10%
- K_5 Coeficiente que incluye diversas pérdidas tales como la caída de tensión, las pérdidas por efecto *Joule*, la suciedad, etc.

Conocidos dichos coeficientes es posible obtener el *performance ratio* de la instalación como:

$$PR = (1 - K_2 - K_3 - K_4 - K_5) * \left(1 - K_2 * \frac{N}{PD}\right)$$

En la siguiente tabla se muestran los valores empleados:

N	4 días
PD	75 %
K_1	0,5 %
K_2	5 %

K_3	12 %
K_4	5 %
K_5	7 %
Performance Ratio	0,691

Tabla 23. Valores empleados para la obtención del *Performance Ratio*

Tensión de funcionamiento

El funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica varía según su tensión, siendo los valores más habituales de 12, 24 y 48V. Este valor de tensión definirá el voltaje mínimo de los módulos a emplear, así como el voltaje máximo, limitado por la capacidad del regulador de carga.

Para el proyecto actual se empleará una **tensión de funcionamiento de 12V**. Esto se ha hecho de acuerdo con la iluminación empleada en las instalaciones. Se trata de una iluminación de muy bajo consumo, funcionando en corriente continua y a 12V. De este modo, se consigue el ahorro de ciertos elementos que supondrían un mayor coste de la instalación, como el uso de convertidores de tensión.

Distribución entre generación FV y grupos electrógenos

Para conocer con exactitud la distribución óptima y la cantidad de energía que debe ser producida por el sistema solar fotovoltaico y los grupos electrógenos, es necesario diferenciar dos tipos de situaciones. Por un lado, el estado normal de la instalación, donde todos los elementos funcionan de manera usual; y por otro el estado de emergencia, donde se ha dado el fallo de los grupos electrógenos y todo el consumo es provisto única y exclusivamente por el sistema solar FV.

En el apartado ANEXOS se puede encontrar de manera detallada la distribución de generación para cada una de las distintas opciones planteadas a lo largo del proyecto.

Dimensionado del generador

Conocido el número de paneles (N), su potencia nominal (P_{MPP}), las horas solares pico (HSP) y el factor de rendimiento (PR), la cantidad de energía que pueden llegar a abastecer el conjunto de paneles solares se calcula como:

$$E_D \left[\frac{kWh}{día} \right] = \frac{N * P_{MPP} * HSP * PR}{1000}$$

Capacidad del acumulador

El equipo de baterías deberá ser diseñado de tal manera que permita abastecer al sistema durante los periodos de baja irradiación, así como durante los picos de demanda. De este modo se define el número de días de autonomía, explicado anteriormente.

La capacidad de las baterías se obtendrá como:

$$C = \frac{I_d * N}{\eta_{INV} * \eta_{RB} * D_{MÁX}}$$

Donde:

I_d	Cantidad de corriente diaria [Ah/día]
N	Número de días de autonomía de la instalación
η_{INV}	Rendimiento del inversor
η_{RB}	Rendimiento del acumulador más regulador
$D_{MÁX}$	Profundidad de descarga

En el apartado ANEXOS se puede encontrar detalladamente el cálculo para cada uno de los sistemas de la instalación.

Dimensionado del regulador de carga

El parámetro fundamental a tener en cuenta a la hora de dimensionar un regulador de carga, al igual que con el inversor, es la cantidad de corriente diaria, de tal modo que el valor de la capacidad del regulador esté por encima de dicha corriente.

$$I_{REGULADOR} \geq N * C_S * I_{CC}$$

Donde:

N	Número de paneles solares FV
C_S	Coeficiente de seguridad. Se tomará un valor del 25%
I_{CC}	Corriente de cortocircuito de paneles solares FV [A]

Como en instalaciones de un tamaño considerado la corriente de entrada será grande, es posible emplear varios reguladores en paralelo, de tal forma que la capacidad total sea igual a la suma de las capacidades de cada uno de ellos.

En el apartado ANEXOS se encuentra el cálculo de los reguladores de carga para cada uno de los sistemas de la instalación.

Dimensionado del inversor

La utilización de inversores es fundamental para poder convertir la energía almacenada en forma de corriente continua a energía de corriente alterna de uso doméstico.

En este caso, el dimensionado del inversor queda determinado por su potencia nominal, que deberá ser superior a la potencia máxima abastecida por los paneles solares, de este modo:

$$P_{INV} = U_N * C_S * I_{CC} * N$$

Donde:

U_N	Tensión nominal del sistema [V]
C_S	Coficiente de seguridad. Se toma un valor del 25%
I_{CC}	Corriente de cortocircuito de los paneles solares FV
N	Número de paneles solares

Como se ha mencionado anteriormente, en el apartado ANEXOS se especificarán los cálculos relacionados con el dimensionado del inversor.

Cableado de los equipos

El dimensionado y elección del cableado de la instalación es una parte fundamental del proyecto ya que de ello depende el rendimiento final de la instalación. De este modo es importante asegurarse que las secciones de los cables empleados sean compatibles con los bornes de los distintos equipos que forman el sistema, especialmente con los del regulador de carga y los paneles solares.

Puede ocurrir que no todas las secciones de cables sean compatibles con todos los equipos empleados. En este caso se emplearán cajas de conexión intermedia.

Para realizar los cálculos pertinentes, debido a la falta de normativa en el país donde se llevará a cabo el proyecto, se ha decidido emplear el reglamento electrotécnico de baja tensión (ITC-BT-06/ITC-BT-19) español.

Además, se define un orden de conexionado de los equipos, dividido en diferentes tramos:

Tramo I	Baterías – regulador de carga
Tramo II	Paneles solares FV – regulador de carga
Tramo III	Baterías – inversores
Tramo IV	Inversores - CGPM
Tramo V	Grupos electrógenos – CGPM

Los tramos IV y V corresponden a la distribución de las cargas, por lo que se realizará a 380V, a diferencia de los 12V correspondientes al cableado de los tramos I, II y III.

Del mismo modo que se define un orden para el conexionado de los equipos, se deberá tener especial cuidado a la hora de la desconexión de los mismos, siguiendo rigurosamente el orden inverso. De lo contrario se podrían dañar los equipos de manera irreversible.

El tipo de cable empleado para las conexiones de los tramos I, II y III será de cobre con mientras que la distribución hacia las cargas se realizará en aluminio. Esta última se llevará a

cabo de manera aérea. Para ambos casos los conductores a emplear tendrán un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a acciones de intemperie; para el caso de los tramos I a III será PVC mientras que XLPE para los tramos IV y V.

La sección de los conductores dependerá de los aparatos que conecta y su longitud máxima se obtendrá como:

$$S = \frac{2 * L * I}{c * \Delta U}$$

Donde:

- S Sección del cable [mm²]
- L Longitud del cable [m]
- I Corriente que circula por el cable [A]
- C Conductividad del cable [m/Ωmm²]
- ΔU Caída de tensión máxima admisible [V]

En el caso de los tramos IV y V, la sección mínima permitida en conductores de aluminio será de 16mm². Asimismo, el cálculo mecánico de los distintos elementos necesarios para llevar a cabo la instalación del tendido eléctrico (apoyos, tirantes, etc.) quedan fuera de estudio.

La conductividad para los cables de cobre toma un valor fijo e igual a 56 m/Ωmm² mientras que en el caso del cableado de aluminio este valor es de 36 m/Ωmm². Así mismo, la caída de tensión dependerá de cada tramo, tal y como se muestra a continuación:

Tramo	ΔU (%)	ΔU (V)
Tramo I	1	0,12
Tramo II	3	0,36
Tramo III	1	0,12
Tramo IV	1	3,8
Tramo V	1	3,8

Tabla 24. Caídas de tensión máxima admisibles según el tramo de cableado

A continuación, se explica el tipo de conexión que deberá llevar cada tramo anteriormente descrito.

Tramo I. Baterías – Regulador de carga

Para realizar el conexionado entre las baterías y reguladores es necesario conocer la corriente máxima que circulará por ellos, según la siguiente fórmula:

$$I_{M\acute{A}X,ADM} \geq I = 1,25 * I_{CC} * N$$

Donde:

I_{cc} Corriente de cortocircuito de los paneles solares FV [A]

N Número de paneles solares FV

A la hora de elegir el tipo de cable a emplear se deberá asegurar que su intensidad máxima admisible sea superior a la máxima corriente que circula por ellos. Además, se debe tener en cuenta que el regulador de carga admita cables cuya sección sea 16 o 25 mm². Por otro lado, las baterías deberán admitir cables de sección 35, 50 o 75 mm². En caso de conflicto entre las secciones, predominará la de aquel aparato que admita cables de menor sección.

Una vez conocida la sección del cable a emplear, se deberá prestar especial atención al modo en que son conectados: la salida negativa del regulador deberá ir conectada a la toma negativa de la batería mediante un conductor azul o negro; por otra parte, la salida positiva del regulador irá conectada a la toma positiva de la batería mediante un conductor rojo o marrón.

En la siguiente figura muestra un esquema de conexión de batería – regulador de carga:

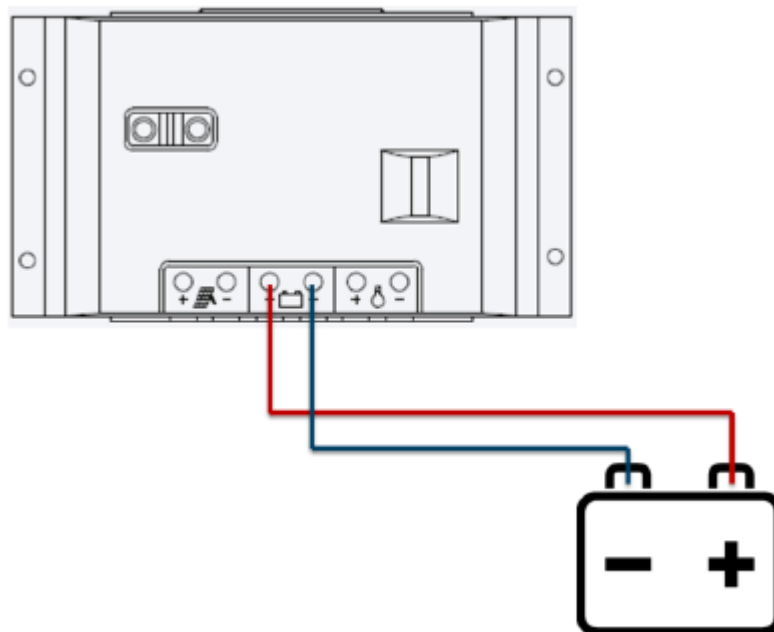


Ilustración 26. Conexión batería - regulador de carga. Fuente: *elaboración propia*

Obtenida la sección del cable y conocida la caída de tensión máxima del tramo correspondiente, se procede al cálculo de la longitud máxima del mismo, como:

$$L = \frac{c * \Delta U * S}{2 * I}$$

Tramo II. Paneles solares FV – regulador de carga

Tras la conexión de los reguladores de carga a las baterías se sigue con el conexionado de los módulos FV con los reguladores de carga. Para ello hay que prestar especial atención en seguir el orden correcto de conexión y nunca dejar el regulador conectado solo a los paneles para evitar una situación de tensión en vacío, que podría dañar la electrónica de los reguladores.

Como se realizó anteriormente, se debe comprobar que la corriente que circula por los reguladores no sea superior a su corriente máxima admisible.

$$I_{MÁX,ADM} \geq I = 1,25 * I_{CC} * N$$

Del mismo modo, se deberá comprobar que la intensidad máxima admisible del conductor escogido sea superior a la corriente de circulación por el mismo.

También es conveniente realizar la conexión del conductor a los paneles a través de conectores MC4 que aseguran una conexión segura y 100% estanca.

Al igual que con el resto de equipos, la conexión se deberá realizar de manera correcta, conectando el terminal negativo del panel solar con la toma negativa del regulador de carga (normalmente identificada con el símbolo de un panel solar) mediante conductor negro o azul. De igual manera, el terminal positivo del panel se conectará con la toma positiva del regulador, mediante cable rojo o marrón.

A continuación, se muestra el esquema de conexión entre los módulos solares y los reguladores de carga.

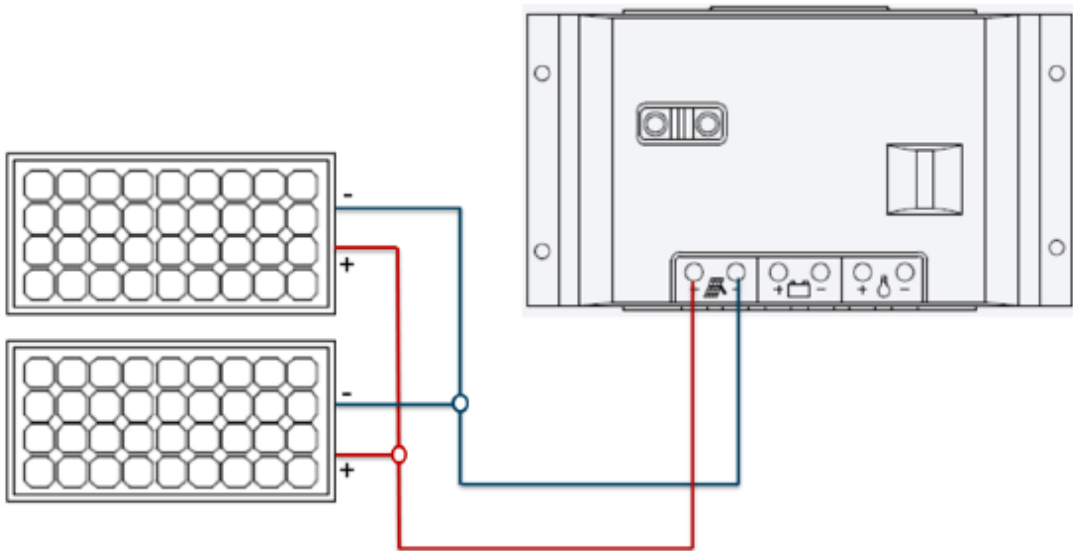


Ilustración 27. Conexión paneles - regulador de carga. Fuente: *elaboración propia*

Tramo III. Baterías – inversor

A la hora de conectar el inversor a las baterías es importante que la distancia entre ambos sea lo más reducida posible. Esto es debido a las pérdidas por calor, que serán mayores en el tramo de CC ya que por él circulará más corriente.

La corriente de máxima circulación vendrá dada en función del número de módulos conectados y su corriente de cortocircuito, tal y como se indicó anteriormente. De este modo se deberá tener cuidado a la hora de elegir qué cable emplear, asegurándose que su corriente máxima admisible sea igual o superior a la que circula.

Como se hizo en los anteriores tramos, las tomas positivas de las baterías se conectarán mediante cable rojo o marrón a la toma positiva del inversor, mientras que las tomas negativas de las baterías irán conectadas a la toma negativa del inversor a través de un conductor negro o azul, tal como muestra la siguiente figura:

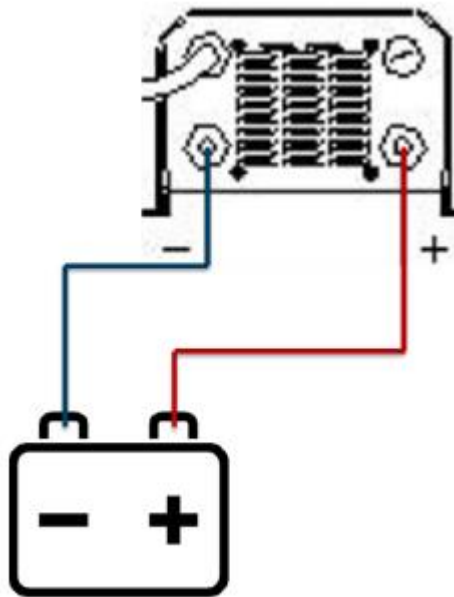


Ilustración 28. Conexión batería - inversor. Fuente: *elaboración propia*

Tramo IV: inversores – CGPM

Los inversores se encargarán de transformar la tensión de 12V a los 380V necesarios para los consumos.

Como se ha comentado anteriormente, el conexionado desde los inversores hasta los distintos cuadros generales de protección y medida se llevarán a cabo a través de conductores de aluminio con aislamiento XLPE y sección mínima de 16mm² mediante tendido eléctrico.

Se considerará un factor de utilización de 0,5 ya que no todos los receptores eléctricos funcionan a su potencia nominal. De igual modo, el factor de simultaneidad a emplear será de 0,6.

A la hora de tener en cuenta las distancias para el cálculo de las secciones de conductor, se considerará una localización exacta para cada cuadro general de protección y medida en cada uno de los distintos sistemas.

En la tabla 25 se muestra la localización de cada una de las CGPM, así como la distancia de las mismas a los inversores y a los generadores diésel.

Tramo V: Grupos electrógenos - CGPM

Al igual que con el anterior tramo, la conexión entre los generadores diésel y las cajas generales de protección y medida se realizarán a 380V mediante conductores de aluminio a través de tendido eléctrico.

Se tomarán los mismos factores de simultaneidad y utilización que en el tramo IV.

Opción 1. Alternativa planteada por la Comunidad Jesuita		
Localización de CGPM	Distancia CGPM – inversores	Distancia CGPM – generadores diésel
Sist. 1. Casa de jesuitas	7 m	115 m
Sist. 2. Casa familiar	7 m	240 m
Sist. 3. Edificio cocinas	7 m	115 m
Sist. 4. Escuela	60 m	233 m

Opción 1. Sistema 4. Otros consumos			
	Internado	Almacén	Habitaciones profesores/as
Distancia CGPM (situada en el edificio de la escuela) – resto de cargas	190 m	230 m	205 m

Opción 2. Alternativa planteada por el alumno		
Localización de CGPM	Distancia CGPM – inversores	Distancia CGPM – generadores diésel
Sist. 1. Cocinas	10 m	110 m
Sist. 2. Casas familiares	7 m	240 m
Sist. 3. Escuela	60 m	230 m

Opción 2. Alternativa planteada por el alumno				
	Sistema 1	Sistema 3. Otros consumos		
	Almacén	Casa de Jesuitas	Internado	Habitaciones profesores/as
Distancia CGPM (situada en el edificio de cocinas (sist. 1) y de la escuela (sist. 3)) – resto de cargas	105 m	295 m	240 m	205 m

Tabla 25. Localización y distancias de las CGPM para cada una de las instalaciones y opciones planteadas

El dimensionado del cableado de toda la instalación para cada una de las opciones planteadas se muestra en el apartado ANEXOS.

A continuación, se muestra un resumen con el cableado necesario para un correcto funcionamiento de la instalación.

Conductor de **cobre**, aislamiento **PVC**

OPCIÓN 1	Sección [mm²]	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
	Longitud [m]	-	-	-	41,0	11,8	-	11,4	9,6	-	-
OPCIÓN 2	Sección [mm²]	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120
	Longitud [m]	8	-	-	8,2	4,1	12,8	5,8	7,0	-	-

Conductor de **aluminio**, aislamiento **XLPE**

OPCIÓN 1	Sección [mm²]	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
	Longitud [m]	497	238	1530	-	-	-	115,0	205,0	60	190	-	466
OPCIÓN 2	Sección [mm²]	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400
	Longitud [m]	847	-	340	-	-	-	-	205,0	240	300	-	755

Tabla 26. Cantidad de cableado necesario para la instalación. Fuente: elaboración propia

Además de todo el cableado anteriormente mencionado será necesario emplear diodos de retorno en cada uno de los sistemas con el fin de evitar la circulación de la corriente en ambos sentidos para el tramo V. De esta manera se busca impedir que en aquellos casos donde la demanda sea inferior a la generación, los equipos de generación de dicho sistema se utilicen para abastecer las demandas de otros.

Por otra parte, se deberán utilizar otros dispositivos que faciliten y, sobre todo, otorguen mayor seguridad a la instalación, como regletas de empalme, interruptores (diferencial y magnetotérmico), etc.

2. Dimensionado del sistema de bombeo de agua

La distribución de agua desde un depósito hasta los puntos de consumo puede ser realizada de tal manera que no sea necesario el empleo de bombas, por ejemplo, situando el depósito a una altura que permita que la presión hidrostática sea capaz de vencer las pérdidas, así como proporcionando el caudal necesario.

No obstante, estas condiciones de trabajo no siempre se pueden conseguir, por lo que será necesario el uso de elementos que permitan suministrar toda el agua necesaria hasta los puntos de consumo.

En este punto el empleo de instalaciones de bombeo de agua alimentadas por generadores fotovoltaicos adquiere un papel fundamental, más aún en escenarios tan aislados como el aquí tratado.

Algunas de las ventajas que presentan este tipo de sistema son:

- Situadas en lugares no electrificados o en zonas donde los niveles de electrificación son escasos.
- Disponen de gran flexibilidad en su horario de utilización.

- No precisan de grandes presiones de suministro.
- Disposición de suficiente terreno que facilite la instalación del sistema FV y la construcción de grandes terrenos.
- Ofrece una demanda de corriente muy uniforme.

Para poder determinar las principales características de este sistema será necesario en primer lugar saber cuál será la potencia demanda por la bomba para elevar el agua de un punto a otro de mayor altura. Para ello se emplea la siguiente fórmula:

$$P_b = 2,725 \cdot Q \cdot H / \eta_b$$

Donde:

P_b	Potencia de la bomba [W]
Q	Caudal de agua [m ³ /s]
H	Diferencia de presión entre las bridas de la bomba [mca]
η_b	Rendimiento de la bomba

$$H = H_{ea} + H_{ra} + H_{ei} + H_{ri}$$

Donde:

H_{ea}	Diferencia de nivel entre la superficie y el agua del pozo
H_{ra}	Pérdida de presión por rozamiento en la línea de aspiración
H_{ei}	Diferencia de nivel entre la bomba y la descarga en el depósito superior
H_{ri}	Pérdida de presión por rozamiento en la línea de impulsión

Para obtener las pérdidas por rozamiento es necesario conocer el factor de fricción, que dependerá de la velocidad de circulación del agua por la tubería, la longitud de las mismas y la cantidad de codos y elementos que tenga (válvulas, etc.), de la siguiente manera:

$$H_r = f \cdot L \cdot H_{acc}$$

Donde:

f	Factor de fricción o coeficiente de resistencia
L	Longitud real de la tubería [m]
H_{acc}	Pérdidas debidas a accesorios

Para evitar que las pérdidas por accesorios reduzcan el rendimiento de la instalación, es aconsejable la instalación de tuberías de mayor diámetro, de tal manera que la velocidad de circulación del agua no supere los 0.5 m/s.

En el caso de estudio, se ha decidido la instalación de **bombas de 750W de potencia** cada una, valor normalizado superior al obtenido por el procedimiento anteriormente mencionado.

En el apartado ANEXOS se encuentra el cálculo de la potencia para cada una de las bombas del sistema.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO DE VIABILIDAD

En este apartado se realizarán las distintas comparativas entre las opciones planteadas, tal como se mencionó en el apartado *Análisis de necesidades futuras* con el objetivo de identificar cuál de ellas se ajusta de manera más exacta a las necesidades de la escuela.

1. Análisis de las distintas alternativas planteadas

A continuación, se presentan las dos alternativas sugeridas. La primera de ellas recoge los requerimientos iniciales del usuario del proyecto (la comunidad jesuita) y la segunda la planteada en el proyecto.

En ambas alternativas la generación a través de grupos electrógenos es común, por lo que no será necesario dimensionar estos mismos ya que se emplearán los actualmente existentes.

- OPCIÓN 1**
- Sistema solar FV propio para abastecer las necesidades de la casa de jesuitas, de manera que tengan independencia energética del resto de la escuela.
 - Sistema solar FV individual para cada una de las cinco casas familiares, de modo que cada familia sea responsable del mantenimiento del mismo.
 - Un sistema solar FV que abastezca las necesidades del nuevo edificio de cocinas.
 - Emplear el sistema solar FV actual para alimentar los consumos de la escuela, internado, almacén, actuales casas de profesores y bombeo de agua.

- OPCIÓN 2**
- Mantener el sistema solar FV actual, que alimenta la casa de jesuitas, el edificio de la escuela, el internado y las actuales habitaciones de profesores.
 - Emplear paneles solares independientes para la alimentación de bombas de agua.
 - Un sistema solar FV para el nuevo edificio de cocinas y almacenes.
 - Un sistema solar FV centralizado para las cinco casas familiares.
 - Empleo de un sistema basado en biodigestores para la producción de gas para las cocinas.

De este modo, se va a realizar un análisis de cada una de las situaciones, estudiándose los componentes necesarios para cada uno de ellos y realizando una comparativa económica entre ambas.

Los consumos empleados para realizar el siguiente estudio han sido los mismos empleados con anterioridad. Se pueden ver de manera detallada en el apartado ANEXOS.

Para realizar una comparativa de manera más objetiva, se utilizarán los mismos componentes que los empleados actualmente, aunque adaptados a las necesidades de cada instalación.

1.1. Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita

A continuación, se presenta el estudio sobre el sistema de generación eléctrica planteado por la Comunidad Jesuita.

Sistema de generación para la casa de jesuitas

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	3,74	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	292	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	2000	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	3,05	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	292	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	1040	

% abastecido por el sistema solar FV	58,1%
% abastecido por los GE	41,9%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	12
Inversores	2
Baterías	7
Reguladores de carga	2

Tabla 27. Sistema de generación para la casa de jesuitas

De este modo, el sistema de generación para la casa de jesuitas estará compuesto por **12 paneles solares Victron Energy de 260W, 2 inversores Amara Raja de 1kVA, 7 baterías Whisper Power de 200Ah y 2 reguladores de carga Victron Energy de 70A.**

Sistema de generación para las casas familiares

El sistema será diseñado para abastecer parte del consumo de las viviendas familiares. En este caso, según el plan inicial de la comunidad jesuita, se tratará de un sistema individual para cada una de las cinco viviendas. Los ocupantes de las mismas serán los encargados del mantenimiento. Por tanto, a continuación, se muestran las características del sistema de generación para una sola vivienda.

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	1,90	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	102,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	1350	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	1,41	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	102,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	350	

% abastecido por el sistema solar FV	31,1%
% abastecido por los GE	68,9%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	4
Inversores	1
Baterías	2
Reguladores de carga	1

Tabla 28. Sistema de generación para cada una de las casas familiares

De este modo, el sistema de generación para **una sola casa familiar** de profesores estará compuesto por **4 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 1kVA, 2 baterías Whisper Power de 200Ah y 1 regulador de carga Victron Energy de 70A.**

Así, para las **cinco casas familiares**, el sistema se compondrá por **20 paneles solares Victron Energy de 260W, 5 inversores Amara Raja de 1kVA, 10 baterías Whisper Power de 200Ah y 5 reguladores de carga Victron Energy de 70A.**

Sistema de generación para el edificio de cocinas

A continuación, se exponen los consumos estimados del nuevo edificio de cocinas.

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	15,06	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	876,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	5000	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	2,71	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	876,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	500	

% abastecido por el sistema solar FV	23,4%
% abastecido por los GE	76,6%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	19
Inversores	1
Baterías	12
Reguladores de carga	3

Tabla 29. Sistema de generación para el edificio de cocinas

De este modo, el sistema de generación para el nuevo edificio de cocinas estará compuesto por **19 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 3.5kVA, 12 baterías Whisper Power de 200Ah y 3 reguladores de carga Victron Energy de 100A.**

Sistema de generación para el resto de consumos

Como se ha mencionado anteriormente, se empleará el actual sistema FV para la alimentación los consumos de las instalaciones restantes, es decir, el colegio, internado, almacén, actuales edificios de profesores/as y sistemas de bombeo de agua.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de elementos que se utilizan actualmente y que serían empleados para la propuesta planteada por la comunidad jesuita para abastecer los restantes consumos:

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	51
Inversores	3
Baterías	40
Reguladores de carga	3

A continuación, se muestran los elementos que realmente serían necesarios para abastecer dicha demanda.

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	11,34	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	3192,8	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	2600	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	9,705	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	3218,8	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	860	

% abastecido por el sistema solar FV	70,4%
% abastecido por los Ges	29,6%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	42
Inversores	2
Baterías	26
Reguladores de carga	5

Tabla 30. Sistema de generación para el resto de consumos

De este modo, el sistema de generación óptimo según las necesidades de las instalaciones a las que se abastecerá el consumo, constaría de **42 paneles solares FV Victron**

Energy de 260W, 2 inversores Amara Raja de 3.5kVA, 26 baterías Whisper Power de 200Ah y 5 reguladores de carga Victron Energy de 100A.

Como se ha mencionado, la alternativa óptima emplearía menos elementos de los actuales, a excepción de los reguladores de carga, que deberían incrementarse.

A modo de resumen, en la siguiente tabla puede observarse la **cantidad de elementos necesarios para satisfacer la alternativa planteada por la comunidad jesuita.**

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV 260W	93
Baterías 200Ah	55
Inversores 1kVA	7
Inversores 3.5kVA	3
Reguladores de carga 70A	7
Reguladores de carga 100A	8

Tabla 31. Número de elementos a emplear en la alternativa 1

Además de los anteriormente mencionados, se deberán tener en cuenta otros elementos necesarios tales como estructuras soporte, cableado o elementos de seguridad y puesta a tierra.

1.2. Opción 2. Propuesta planteada en el proyecto

Aquí, tal y como se ha realizado anteriormente, se van a plantear una alternativa a los sistemas de generación a emplear para las distintas instalaciones de la escuela de acuerdo a los requerimientos establecidos por la Comunidad Jesuita.

Sistema de generación para el almacén y edificio de cocinas

A continuación, se exponen los consumos estimados para el conjunto del almacén y nuevo edificio de cocinas:

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	16,16	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	1092	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	5000	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	9,705	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	1092	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	500	

% abastecido por el sistema solar FV	26,1%
% abastecido por los GE	73,9%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	23
Inversores	1
Baterías	14
Reguladores de carga	3

Tabla 32. Sistema de generación para el almacén y cocinas

Así, el sistema de generación necesario para abastecer las necesidades del nuevo edificio de almacén y cocinas consta de **23 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 3.5kVA, 14 baterías Whisper Power de 200Ah y 3 reguladores de carga Victron Energy de 100A.**

Sistema de generación para las casas familiares

A diferencia de la alternativa sugerida por la comunidad jesuita donde se pretendía instalar un sistema de generación individual para cada una de las cinco viviendas, aquí se ha optado por instalar un sistema centralizado. A continuación, se muestran las características del mismo.

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	9,52	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	102	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	1350	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	7,07	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	102	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	350	

% abastecido por el sistema solar FV	31,1%
% abastecido por los GEs	68,9%

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV	16
Inversores	1
Baterías	10
Reguladores de carga	3

Tabla 33. Sistema de generación para las cinco casas familiares

Así, el sistema de generación necesario para abastecer las necesidades de las cinco casas familiares consta de **16 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 3.5kVA, 10 baterías Whisper Power de 200Ah y 3 reguladores de carga Victron Energy de 70A.**

Empleando un sistema centralizado, no solo se consigue reducir la inversión inicial al precisar un menor número de equipos, sino también el coste de mantenimiento.

Sistema de generación para los equipos de bombeo de agua

Los sistemas de bombeo de agua estarán alimentados 100% por energía solar FV. Las bombas 1 y 2 estarán abastecidas por un mismo sistema mientras que las bombas 3 y 4 emplearán sistemas independientes.

	Bomba 1 & 2	Bomba 3	Bomba 4
Paneles solares FV	4	2	2
Inversores	1	1	1
Baterías	3	2	2
Reguladores de carga	1	1	1

Tabla 34. Elementos para la electrificación de sistema de bombeo

De este modo, el sistema de alimentación a las bombas 1 y 2 estará compuesto por **4 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 1kVA, 3 baterías Whisper Power de 200Ah y 1 regulador de carga Victron Energy de 70A.**

Por otra parte, las bombas 3 y 4 son alimentadas por un sistema solar FV idéntico, compuesto cada uno por **2 paneles solares Victron Energy de 260W, 1 inversor Amara Raja de 500VA, 2 baterías Whisper Power de 200Ah y 1 regulador de carga Victron Energy de 35A.**

Sistema de generación para el resto de consumos

El resto de instalaciones de la escuela (casa de jesuitas, internado, el edificio de la escuela y las actuales casas de profesores) serán abastecidas por el actual sistema solar FV.

A continuación, se muestran una comparativa entre los elementos del actual sistema y los que se deberían emplear para un funcionamiento óptimo.

SITUACIÓN NORMAL	Consumo [kWh/día]	12,67	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	3002,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	4600	
SITUACIÓN EMERGENCIA	Consumo [kWh/día]	10,35	Factor de seguridad del 10% aplicado
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CC}$ [W]	3002,1	
	$P_{TOTAL\ INSTALADA, CA}$ [W]	1240	

% abastecido por el sistema solar FV	59,9%
% abastecido por los Ges	40,1%

Elemento	Cantidad	
	Sistema actual	Sistema óptimo
Paneles solares FV 260W	51	40
Inversores 3.5kVA	3	2
Baterías 220Ah	40	25
Reguladores de carga 70A	3	-
Reguladores de carga de 100A	-	5

Tabla 35. Sistema de generación para el resto de consumos

De este modo, añadiendo unos reguladores de carga más, con el actual sistema solar FV se podrían cubrir las necesidades de los edificios de jesuitas, escuela, internado y actuales habitaciones de profesores.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los elementos necesarios para satisfacer los consumos eléctricos de las instalaciones según la alternativa planteada por el alumno.

Elemento	Cantidad
Paneles solares FV 260W	87
Baterías 200Ah	56
Inversores 500VA	2
Inversores 1kVA	1
Inversores 3.5kVA	4
Reguladores de carga 35A	2
Reguladores de carga 70A	4
Reguladores de carga 100A	8

Además de estos elementos, será necesario tener en cuenta otros componentes como las estructuras soporte de los paneles, el cableado o los elementos de seguridad y puesta a tierra.

1.3. Comparativa de las opciones planteadas

A continuación, se va a realizar un análisis aproximado sobre la inversión inicial necesaria para la ejecución de cada una de las dos opciones de manera que se disponga de una idea aproximada sobre cuál de ellas se adapta de manera más óptima a las necesidades existentes desde el punto de vista económico y técnico. No obstante, en el CAPÍTULO 5 se realizará un estudio más exhaustivo sobre cada una de ambas opciones.

Al tratarse de una aproximación para poder tener una idea general sobre cuál de ambos sistemas sale a priori más económico, no se han tenido en cuenta diversos aspectos que sí se considerarán más adelante, como el coste del transporte o las cargas fiscales.

Para ello se ha considerado seguir utilizando el actual sistema FV empleado en la escuela a excepción de las baterías ya que, como se mencionó en el apartado *Situación eléctrica actual de la ESIL* su vida útil está próxima a su fin.

A continuación, se presentan los costes considerados:

Elemento	PVP/ud	Opción 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita		Opción 2. Alternativa planteada por el alumno		
		Cantidad	Coste	Cantidad	Coste	
Paneles solares FV Victron Energy, policristalino 260W	172,00 €	42	7.224,00 €	36	6.192,00 €	
Baterías de gel Whisper Power 200Ah	319,00 €	55	17.545,00 €	56	17.864,00 €	
Inversores Amara Raja 500VA	159,00 €	0	- €	2	318,00 €	
Inversores Amara Raja 1kVA	316,00 €	7	2.212,00 €	1	316,00 €	
Inversores Amara Raja 3.5kVA	618,00 €	0	- €	1	618,00 €	
Reguladores de carga Victron Energy 35A	300,00 €	0	- €	2	600,00 €	
Reguladores de carga Victron Energy 70A	550,00 €	4	2.200,00 €	1	550,00 €	
Reguladores de carga Victron Energy 100A	800,00 €	8	6.400,00 €	8	6.400,00 €	
Otros elementos						
	Carril base	21,00 €	40	840,00 €	38	798,00 €

Estructura soporte módulos FV	Gancho de tejado	9,50 €	80	760,00 €	76	722,00 €
	Fijadores laterales	2,00 €	80	160,00 €	76	152,00 €
	Fijadores intermedios	2,00 €	80	160,00 €	76	152,00 €
Cableado y sistema de protección		-	-	11.000,10 €	-	9.092,75 €
Instalación		5 €/h	88 h	440,00 €	80 h	400,00 €
				48.941,10 €		44.174,75 €

Como puede observarse, a priori la inversión inicial en equipos e instalación es mayor para la primera opción planteada. Además, este valor se verá incrementado debido al coste de transporte, mantenimiento y operación de cada sistema.

La mano de obra considerada para obtener el coste de instalación atiende a las tarifas en el país de origen, muy por debajo de los mínimos establecidos en la UE. Al cambio actual se estima en aproximadamente 5€/h, con jornadas laborales de 8h/día.

2. Alternativas para la electrificación rural

2.1. Microrred con generación eólica

Para poder determinar el potencial eólico de una zona es necesario conocer la disponibilidad de dichos recursos, generalmente a través de las estaciones meteorológicas cercanas disponibles.

En el caso de este proyecto, es difícil acceder a estos datos y que actualmente no existe ninguna estación meteorológica en la región donde se encuentra ubicada la escuela, estando en la ciudad de Tete la estación más cercana. Además, el actual emplazamiento de la escuela también dificulta en gran medida la instalación de este tipo de tecnología.

Por último, el uso de energía eólica como alternativa para la electrificación de la ESIL se descarta debido principalmente al recurso eólico. La escuela se encuentra en una zona donde el viento es escaso y nada constante.

Por todo ello se decide descartar este tipo de tecnología a favor del uso de un sistema híbrido compuesto por generación solar fotovoltaica y uso de grupos electrógenos.

2.2. Microrred con generación mini-hidráulica

Como se ha comentado en el CAPÍTULO 1, PARTADO 5.4, la generación a través de centrales microhidráulicas requieren una serie de requisitos que no se satisfacen en el caso de la ESIL.

En primer lugar, el río más próximo a la escuela es un río estacional, es decir, su caudal varía a lo largo del año. De este modo, durante la época de lluvia, su caudal alcanza las cotas más altas, pero, sin embargo, durante la temporada seca, éste no lleve apenas agua. Esto supone un grave problema para la continuidad del suministro eléctrico ya que el sistema dependería durante varios meses del año de la generación a través de grupos electrógenos.

Por otra parte, las centrales microhidráulicas funcionan a partir de saltos de agua de una determinada altura, variable desde los 5 hasta los 150 metros. En el caso de la ESIL, el río no alcanza tales desniveles ni siquiera durante la época de lluvias.

Con todo ello, sumado al alto coste de este tipo de tecnología de generación, se descarta su uso.

2.3. Extensión de la red eléctrica a zonas aisladas

El poder conectarse a una red de suministro eléctrico supone una serie de beneficios que se verían reflejados en un aumento de la calidad de vida de la comunidad. En primer lugar, implica estar conectado a una fuente relativamente barata de electricidad y con suministro fiable y continuo. No obstante, se trata de una alternativa en muchos casos muy costosa, sobre todo al tratarse de conectar poblaciones aisladas.

Para determinar con mayor exactitud el coste que supondría esta alternativa, habría que tener en cuenta principalmente tres aspectos: la distancia al punto más cercano de la red de distribución, la potencia total demandada y el tipo de terreno que se debe atravesar²⁶.

Tomando como referencia numerosos casos de estudio llevados a cabo por importantes instituciones del sector eléctrico, como el *World Energy Council*, se concluye que para demandas de entre 500 a 1000 kW, con distancias comprendidas entre los 50 a 100Km, es más conveniente una extensión de la red que generación mixta con grupos diésel.

Pero no solo se trata de una alternativa factible desde un punto de vista económico, sino también técnico, ya que los equipos empleados cumplen normativas específicas de conexión a red que hacen esa tarea sencilla.

El verdadero problema ante este tipo de operaciones en países en vía de desarrollo viene desde el punto de vista administrativo. Se trata de países que, por lo general, tienen políticas de conexión a la red eléctrica muy poco desarrolladas e incluso inexistentes, más aún si cabe para el caso de pequeñas potencias. En el caso concreto de Mozambique, actualmente no existe ninguna norma que se debería de cumplir administrativamente en caso de que la microrred pudiese ser conectada a la red de distribución eléctrica.

Por este motivo queda descartada la alternativa de conectar la microrred de la escuela a la red de distribución general. Es de esperar que en los próximos años se den pequeños avances en materia de gestión administrativa para este tipo de situaciones.

3. Plan de mantenimiento de instalaciones aisladas de la red

Como se ha mencionado con anterioridad, parte de los problemas relacionados con el abastecimiento eléctrico de las instalaciones que constituyen la escuela son derivados de una falta grave de mantenimiento. Por ello, con el objetivo de mantener la instalación bajo las condiciones de funcionamiento óptimo, se ha de tomar una serie de medidas que pueden ser clasificadas en dos tipos:

- **Mantenimiento preventivo.** Este tipo de mantenimiento tiene como principal interés mantener un nivel de servicio determinado en los equipos del sistema de tal modo que se prevean averías o malfuncionamiento de los mismos.
- **Mantenimiento correctivo.** Engloba el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que van surgiendo en los distintos equipos que constituyen el sistema. Abarca por tanto funciones como la sustitución de componentes, recambios, reparaciones, etc.

3.1. Mantenimiento de la instalación solar FV

A continuación, se presentan los diferentes procedimientos a seguir a la hora de realizar el mantenimiento de cada uno de los componentes del sistema solar FV.

Mantenimiento del generador fotovoltaico

El mantenimiento de los generadores fotovoltaicos es un proceso rápido y sencillo pero que, por el contrario, si no se lleva a cabo resultará en una disminución importante en el rendimiento de toda la instalación.

La limpieza de los módulos deberá realizarse de manera periódica, sobre la cara orientada al Sol con el fin de evitar pérdidas debidas a acumulación de suciedad. El procedimiento es sencillo, ya que solo será necesario aplicar agua tibia con un trapo sobre la superficie expuesta. Se debe tener especial cuidado de no arañar la superficie ya que esto acarrearía una pérdida de rendimiento.

En cuanto al cableado y las conexiones de las placas sería conveniente realizar una verificación cada cierto tiempo. El procedimiento consiste básicamente en asegurar el apriete y el estado de los terminales de los cables de conexionado, así como la estanqueidad de las cajas de terminales y conexiones.

Mantenimiento del acumulador eléctrico

Existen unos procedimientos predeterminados a la hora de realizar el mantenimiento de los acumuladores eléctricos que son de aplicación general independientemente del tipo de acumulador con el que se trabaje. Algunas de estas son:

- Comprobación de que no exista la posibilidad de cortocircuitos o fugas de corriente (comprobando el engrase de contactos, apriete de tornillos, etc.)
- Verificación de la ventilación de la zona donde se encuentren los acumuladores de tal forma que se evite la formación de humedad y riesgo de explosión por acumulación de gases.
- Revisión y comprobación del estado del electrolito, nivel y densidad.
- Comprobación del equilibrado de carga del banco de baterías.

Mantenimiento del equipo regulador – inversor

Las operaciones de mantenimiento a realizar son muy similares para ambos elementos. Se describen a continuación:

- Verificar que la lectura de los medidores es correcta y fiable.
- Verificar el correcto funcionamiento de todas las alarmas e indicadores de los aparatos.
- Comprobar que las características de las corrientes de entrada y salida son las nominales del equipo (tensión, intensidad, potencia, etc.)²⁵
- Verificar el estado de las conexiones (apriete de tornillos, limpieza de suciedad, etc.)

Mantenimiento del cableado y equipo de conexión

El mantenimiento del cableado de y del resto de equipos de conexión es similar al realizado en cualquier otro tipo de instalaciones, teniendo en consideración además la parte del sistema expuesta a los agentes atmosféricos. Por tanto, habrá que realizar acciones preventivas con cierta frecuencia, comprobando elementos como el estado del aislante, grietas en cables, posibles roturas debidas a mordeduras de animales, etc.

Periodicidad de las labores de mantenimiento preventivo

A continuación, se expone la frecuencia con que realizar las labores de mantenimiento anteriormente descritas.

Componente	Operación	Periodicidad
Módulos	Limpieza y presencia de daños que puedan afectar a la seguridad y rendimiento de la instalación.	12 meses
Cableado	Revisión del estado de los cables. Comprobación de las caídas de tensión. Comprobación de conexiones y terminales	12 meses
Estructura soporte	Revisión de daños en la estructura que puedan afectar a la seguridad del sistema. Deterioro por agentes atmosféricos. Deterioro por oxidación	12 meses
Baterías	Comprobación del nivel de electrolito. Limpieza y engrasado de los terminales.	12 meses
Regulador de carga	Comprobación de caídas de tensión entre terminales. Inspección visual del funcionamiento de medidores.	12 meses

Inversores	Inspección del estado de indicadores y alarmas.	12 meses
Elementos de protección	Verificación de las tomas de tierra.	12 meses
	Comprobación de interruptores de seguridad.	
	Verificación de fusibles.	

Tabla 36. Operaciones de mantenimiento y periodicidad de instalaciones aisladas de la red. Fuente: Instalaciones Solares Fotovoltaicas, McGraw Hill 2010

3.2. Mantenimiento de los grupos electrógenos

Un correcto mantenimiento de los GEs supondrá un incremento de su vida útil, así como un mayor rendimiento de los mismos. Esto se traduce directamente en un importante ahorro en costes de operación y mantenimiento.

A continuación, se presentan las principales pautas básicas que se deberán llevar a cabo de manera diaria:

- Comprobación de los niveles de aceite del motor y de refrigerante.
- Comprobar el correcto funcionamiento de los filtros de aire, así como los sistemas de ventilación.
- Verificar que el suministro de combustible se realiza de manera correcta.
- Diariamente, antes de comenzar a operar el generador en cuestión se deberán realizar una serie de controles, tales como: comprobar el nivel de aceite del motor y del refrigerante; comprobar el correcto funcionamiento de los filtros de aire, así como de los sistemas de ventilación y verificar que el suministro de combustible se realiza de manera correcta.

En el medio plazo (cada aprox. 500 horas de uso) también se deberán realizar una serie de comprobaciones:

- Revisado y limpieza del radiador y drenado del tanque de combustible
- Cambio del filtro de combustible y verificación y limpieza de las tuberías de combustibles.

Por último, se deberán tomar una serie de medidas en el largo plazo (aprox. cada 1000 horas de uso):

- Verificación y limpieza de válvulas
- Cambio del inyector

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS FINANCIERO

1. Introducción

La evaluación financiera presentada a continuación tiene como principal objetivo la selección, desde el punto de vista financiero, de una de las dos alternativas planteadas a lo largo del proyecto.

Dado las características del proyecto, se ha asumido que ambas alternativas cumplen los requisitos funcionales del mismo y que no existen ingresos reales en las distintas alternativas, sino únicamente diferentes costes para cumplir unos mismos requisitos.

Por esa razón, se ha utilizado el criterio del **valor actual neto (VAN)** para realizar el análisis, debido a que el criterio complementario de TIR requiere la existencia de ingresos que rentabilicen la inversión.

Para utilizar el método del VAN, ha sido necesario calcular los **cash flows futuros** del proyecto, es decir, los flujos monetarios reales del mismo durante el periodo de análisis:

- Ingresos del proyecto (+)
- Inversiones realizadas (-)
- Costes asociados al proyecto que supongan salida de caja (-)

El criterio utilizado implica que el proyecto más favorable es el que tenga una VAN mayor (menos negativo) una vez utilizadas las diferentes hipótesis de las proyecciones.

2. Hipótesis de Partida

2.1. Coste del combustible

A continuación, se detalla el gasto en combustible para cada uno de las dos alternativas planteadas a lo largo del proyecto. Para ello es necesario conocer qué porcentaje de la demanda diaria es abastecida por los grupos generadores y cuál por el sistema solar FV, tal como se explicó en el apartado *Análisis de las distintas alternativas planteadas*.

	Generación [kWh/día]	Generación Solar [kWh/día]	Generación diésel [kWh/día]
Opción 1	39,64	16,64	23
Opción 2	38,90	15,30	23,60

Tabla 37. Demanda cubierta por cada sistema de generación

La siguiente tabla muestra el gasto mensual en combustible para cada una de las dos opciones en función del consumo de cada grupo generador. Es importante recordar que los grupos diésel 1 y 2 no funcionan simultáneamente, sino de manera independiente y durante el mismo tiempo, por lo que el coste de cada uno de ellos se ha multiplicado por un factor de 0,5.

	Generadores	Consumo (L/h)	Tiempo funcionamiento			Gasto diario		Gasto semanal		Gasto mensual	
			horas/día	horas/semana	horas/mes	€	MTM	€	MTM	€	MTM
OPCIÓN 1	Diésel 1	6,9	3,5	24,5	105	24,24 €	1.721	121,18 €	12.045	727,05 €	51.621 MTM
	Diésel 2	7,0	3,5	24,5	105	24,59 €	1.746	122,93 €	12.219	737,59 €	52.369 MTM
	Gasolina	1,3	1,5	7,5	33	2,12 €	151	10,61 €	753	46,67 €	3.314 MTM
								COSTE TOTAL MENSUAL		778,99 €	55.308 MTM
	Generadores	Consumo (L/h)	Tiempo funcionamiento			Gasto diario		Gasto semanal		Gasto mensual	
			horas/día	horas/semana	horas/mes	€	MTM	€	MTM	€	MTM
OPCIÓN 2	Diésel 1	7,0	3,5	24,5	105	24,59 €	1.746	122,93 €	12.219	737,59 €	52.369 MTM
	Diésel 2	7,2	3,5	24,5	105	25,29 €	25	126,44 €	12.569	758,66 €	53.865 MTM
	Gasolina	1,3	1,5	7,5	33	2,07 €	147	10,34 €	734	45,50 €	46 MTM
								COSTE TOTAL MENSUAL		793,63 €	53.162 MTM

Tabla 38. Gasto mensual en combustible para cada una de las opciones. Fuente: elaboración propia

Como puede observarse en la anterior tabla, el gasto mensual en combustible en una situación normal es ligeramente mayor en la alternativa planteada por el alumno, alcanzando los 793,60 € frente a los 779,00 € de la otra alternativa.

Este gasto mensual será idéntico para los diez meses al año en los que la escuela se encuentra en funcionamiento (febrero – diciembre).

En las proyecciones financieras se han considerados **como mayores ingresos anuales** la diferencia de coste de combustible frente a la opción 2.

2.2. Elección del medio de transporte

No solo es importante la elección de los equipos necesarios para el abastecimiento eléctrico de la ESIL, sino que también se debe definir desde un primer momento la procedencia de dichos equipos.

Esta es una de las cuestiones más importantes a la hora de determinar si un proyecto es o no viable ya que afectará de manera contundente el presupuesto final del mismo. No es lo mismo disponer de equipos que puedan ser adquiridos en puntos de venta próximos al lugar de instalación que hacerlo en puntos lejanos al mismo.

Por tanto, la elección del método de transporte con que trasladar los distintos equipos que componen el sistema influirán en gran medida en el coste final de la instalación.

Si bien es verdad que algunos de los componentes pueden adquirirse en tiendas especializadas en la ciudad de Tete, muchos otros tendrán que ser trasladados desde el extranjero.

En este apartado se estudiará la viabilidad económica a la hora de elegir desde dónde se trasladarán los equipos a instalar. Para ello es importante mencionar que todos los elementos que componen la instalación son comercializados dentro del país (Maputo) así como en el país limítrofe más cercano, Malawi (Lilongwe).

Se descarta la posibilidad de realizar envíos desde Europa debido principalmente a dos motivos:

- En caso de fallo de alguno de los equipos, las posibles piezas de repuesto necesarias deberán de ser traídas desde el destino de origen, lo que dificultaría las tareas de reparación y encarecería el presupuesto.
- El transporte marítimo desde Europa está expuesto a altas tasas, lo que provocaría un sobrecoste en el presupuesto.

A continuación, se muestran las opciones planteadas para el traslado de los equipos:

Opción A. Vía terrestre Maputo – ESIL	Esta opción plantea la contratación de una empresa de transporte terrestre (camión), realizando el trayecto desde la capital del país (Maputo) hasta la ESIL. Distancia por carretera: 1889 km.
Opción B. Vía terrestre Lilongwe – ESIL	Al igual que antes, se plantea la contratación de otra empresa de transporte terrestre (camión), realizando el trayecto desde la capital de Malawi (Lilongwe) hasta la ESIL. Distancia por carretera: 167 km. Transporte internacional: costes por trámites aduaneros

Tabla 39. Alternativas para el transporte de los equipos del sistema. Fuente: *elaboración propia*

Para saber cuáles son las tasas que cada una de las compañías de transporte aplica, es necesario conocer el peso de los materiales a emplear, expuestos en la siguiente tabla:

Opción 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita				
Elementos		Cantidad	Peso/ud	Peso
Paneles solares FV		42	17,00 kg	714,0 kg
Baterías		55	41,00 kg	2255,0 kg
Reguladores de carga 70 ^a		7	4,20 kg	29,4 kg
Reguladores de carga 100 ^a		8	4,50 kg	36,0 kg
Inversores 1kVA		7	15,00 kg	105,0 kg
Inversores 3.5kVA		3	18,00 kg	54,0 kg
Cableado	Cobre	-	-	19,5 kg
	Aluminio	-	-	1905,4 kg
Estructura soporte	Carril base	40	7,50 kg	300,0 kg
	Gancho de tejado	80	4,20 kg	336,0 kg
	Fijadores laterales	80	6,00 kg	480,0 kg
	Fijadores intermedios	80	6,50 kg	520,0 kg
Otros		-	-	50,0 kg
			PESO TOTAL	6.804,3 kg

Opción 2. Alternativa planteada por el alumno				
Elementos		Cantidad	Peso/ud	Peso
Paneles solares FV		36	17,00 kg	612,0 kg
Baterías		56	41,00 kg	2296,0 kg
Reguladores de carga 35 ^a		2	4,00 kg	8,0 kg
Reguladores de carga 70 ^a		4	4,20 kg	16,8 kg
Reguladores de carga 100 ^a		8	4,50 kg	36,0 kg

Inversores 500VA		2	15,00 kg	30,0 kg
Inversores 1kVA		1	15,00 kg	15,0 kg
Inversores 3.5kVA		4	18,00 kg	72,0 kg
Cableado	Cobre	-	-	13,1 kg
	Aluminio	-	-	1839,1 kg
Estructura soporte	Carril base	38	7,50 kg	285,0 kg
	Gancho de tejado	76	4,20 kg	319,2 kg
	Fijadores laterales	76	6,00 kg	456,0 kg
	Fijadores intermedios	76	6,50 kg	494,0 kg
Otros		-	-	50,0 kg
			PESO TOTAL	6.542,9 kg

Tabla 40. Peso de los distintos equipos del sistema

Cabe decir que las baterías a emplear son distribuidas en la ciudad de Tete, por lo que no serán tenidas en cuenta en los costes de transporte ya que la propia comunidad jesuita lo realizarán con sus propios medios.

En el apartado ANEXOS se puede encontrar el desglose para el peso de los conductores para cada una de las dos opciones planteadas.

A continuación, se analizará el coste del transporte para cada una de las alternativas propuestas anteriormente. Para todas las alternativas, la empresa encargada de realizar el transporte terrestre será *Moçambique Express*, compañía especializada en el envío por todo el territorio nacional de Mozambique, así como por sus países limítrofes.

En el apartado ANEXOS se encuentran las tarifas de transporte de la compañía *Moçambique Express* para los distintos destinos.

Opción A. Vía terrestre Maputo – ESIL

Esta opción plantea el transporte de los equipos anteriormente mencionados desde la capital del país, Maputo, hasta la ESIL. La distancia por carretera abarca aproximadamente 1900 km.

La siguiente tabla muestra el precio del transporte para cada una de las dos opciones:

	Peso [kgs]	Precio [€]
Opción 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita	4.549,30 kg	610,14 €
Opción 2. Alternativa planteada por el alumno	4.246,10 kg	552,00 €

Tabla 41. Tarifa de transporte Maputo – ESIL

Opción B. Vía terrestre Lilongwe – ESIL

Al igual que en la opción anterior, se plantea el transporte por vía terrestre hasta la ESIL, con la diferencia de que ahora se trata de un transporte internacional, desde la vecina Malawi. Es por esto que, a pesar de que la distancia sea mucho menor, aparezcan sobrecostes debido al trámite en aduana.

Actualmente, el coste en la aduana para los envíos internacionales asciende a los \$152, equivalente a 133€, a lo que hay que sumar el costo del transporte.

	Peso [kgs]	Precio [€]	Total [€]
Opción 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita	4.549,30 kg	321,22 €	424,22 €
Opción 2. Alternativa planteada por el alumno	4.246,10 kg	333,08 €	385,08 €

Tabla 42. Tarifa de transporte Lilongwe - ESIL

Por tanto, el envío más económico es el que tiene lugar desde Malawi (Lilongwe) hasta la propia escuela, con un coste total de 424,22€ para el caso de la opción 1 y 385,08€ para la opción 2, siendo esta última la alternativa más barata.

2.3. Otras Hipótesis de partida

Para obtener el VAN de cada alternativa del proyecto se ha tomado un horizonte de proyecciones basado en la vida útil de los paneles solares FV, es decir, de 25 años, tomando como inicio el año 2020.

Para estimar de manera realista el *cash flow* del proyecto durante el periodo de vida útil del mismo, se han realizado una serie de estimaciones:

- Se ha tomado el **1.5% de inflación para los gastos de operación (el gasto de combustible)** a lo largo de los 25 años.
- Se ha tomado en consideración que la vida útil de las baterías y reguladores de carga es menor al horizonte de proyecciones, por lo que se deberán cambiar pasada su vida útil, cada 10 años.
- De la misma manera, los inversores deberán ser nuevamente adquiridos cada 15 años, coincidiendo con su vida útil.

Para estimar la inversión necesaria en dichas reposiciones de equipos se ha estimado que el coste de los mismos será igual en el futuro que en la actualidad, sobre la base de que la inflación en el coste de los equipos (módulos solares, inversores, etc.) se compensará con la reducción habitual en el precio de la tecnología.

- Se ha considerado una **tasa de descuento del 7%** para determinar el valor actual de los pagos futuros. La estimación de dicho valor está basada en el coste de capital habitual en proyectos de similares características. Se considera que el 7% es una tasa razonable dado que el coste de la deuda para proyectos energéticos se sitúa en el rango del 2 – 4% y el coste de capital requiere una prima sobre dicho coste.

De este modo, se realizará la comparación entre el gasto en combustible para cada una de las dos alternativas, analizando en cuál de los casos la diferencia es positiva (ingreso).

Una vez considerados los costes asociados a la inversión del proyecto (equipos, transporte, etc.) y aplicada la tasa de descuento, se procede al cálculo del VAN. Conviene destacar que los gastos asociados a mantenimiento no han sido considerados ya que no

suponen una gran diferencia entre una y otra alternativa. Así, se escogerá aquella alternativa que presente un VAN mayor.

3. Proyecciones financieras

En base a estas hipótesis de partida se han estimado proyecciones financieras del *cash flow* del proyecto según las siguientes tablas.

Cabe mencionar que el término *instalaciones* incluye el coste asociado al cableado de la instalación, así como a la estructura soporte de los paneles FV, las protecciones y la mano de obra de instalación.

PROYECCIONES FINANCIERAS DE LA OPCIÓN 1

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	
Gasto gasolina anual Opc.1	7.789,9																									
Gasto gasolina anual Opc.2	7.936,3																									
Diferencia anual	146,4																									
Inflación		1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Ingresos anuales Op. 1	146,4	148,6	150,8	153,1	155,4	157,7	160,1	162,5	164,9	167,4	169,9	172,4	175,0	177,6	180,3	183,0	185,8	188,5	191,4	194,2	197,2	200,1	203,1	206,2	209,3	
Inversión del Proyecto																										
Paneles solares FV	-7.224,0																									
Baterías	-17.545,0									-17.545,0											-17.545,0					
Inversores	-2.212,0														-2.212,0											
Reguladores	-8.600,0									-8.600,0											-8.600,0					
Instalación	-13.360,1																									
Transporte	-424,4																									
Inversión total	-49.365,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-26.145,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2.212,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-26.145,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cash flow</i> anual	-49.219,1	148,6	150,8	153,1	155,4	157,7	160,1	162,5	164,9	-25.977,6	169,9	172,4	175,0	177,6	-2.031,7	183,0	185,8	188,5	191,4	-25.950,8	197,2	200,1	203,1	206,2	209,3	
Tasa de descuento (7%)																										
Cash flow descontado	-49.219,1	148,6	143,7	141,7	141,0	140,9	141,2	141,8	142,6	-22.274,2	144,6	145,8	147,1	148,5	-1.689,0	151,4	153,0	154,6	156,3	-21.117,2	159,9	161,7	163,6	165,5	167,5	

VAN -91.138,6

Tabla 43. Cash flow del proyecto asociado a la opción planteada por la Comunidad Jesuita

PROYECCIONES FINANCIERAS DE LA OPCIÓN 2

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
Gasto gasolina anual Opc.1	7.789,9																								
Gasto gasolina anual Opc.2	7.936,3																								
Diferencia anual	146,4																								
Inflación		1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%	1,5%
Ingresos anuales Op. 1																									
Inversión del Proyecto																									
Paneles solares	-6.192,0																								
baterías	-17.864,0									-17.864,0											-17.864,0				
Inversores	-1.252,0														-1.252,0										
Reguladores	-7.550,0									-7.550,0											-7.550,0				
Instalación	-11.316,8																								
Transporte	-385,1																								
Inversión Total	-44.559,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25.414,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1.252,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25.414,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Cash flow</i> anual	-44.559,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25.414,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-1.252,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-25.414,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tasa de descuento (7%)																									
<i>Cash flow</i> descontado	-44.559,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-21.790,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-1.040,8	0,0	0,0	0,0	0,0	-20.680,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

VAN -88.072,1

Tabla 44. *Cash flow* del proyecto asociado a la opción planteada por el alumno

Tal y como se observa en las anteriores tablas, el VAN para cada uno de los proyectos es diferente, siendo mayor el calculado para la segunda opción (-88.072,10 € frente a -91.138,60 €).

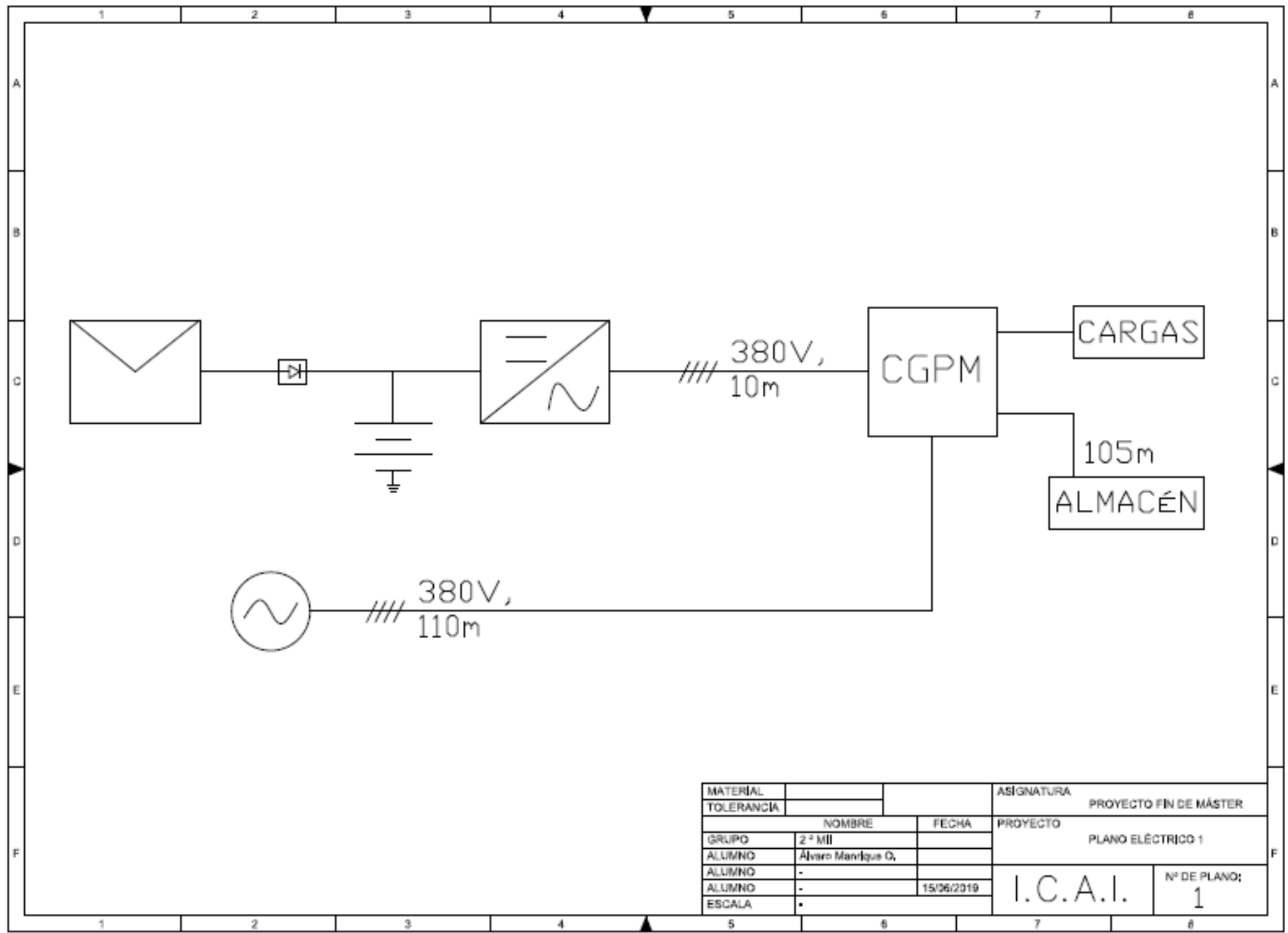
Así, considerado un periodo de 25 años, el proyecto asociado a la opción planteada por el alumno será más económico que el planteado por la Comunidad Jesuita, concretamente 3.066,50 €.

ANEXOS

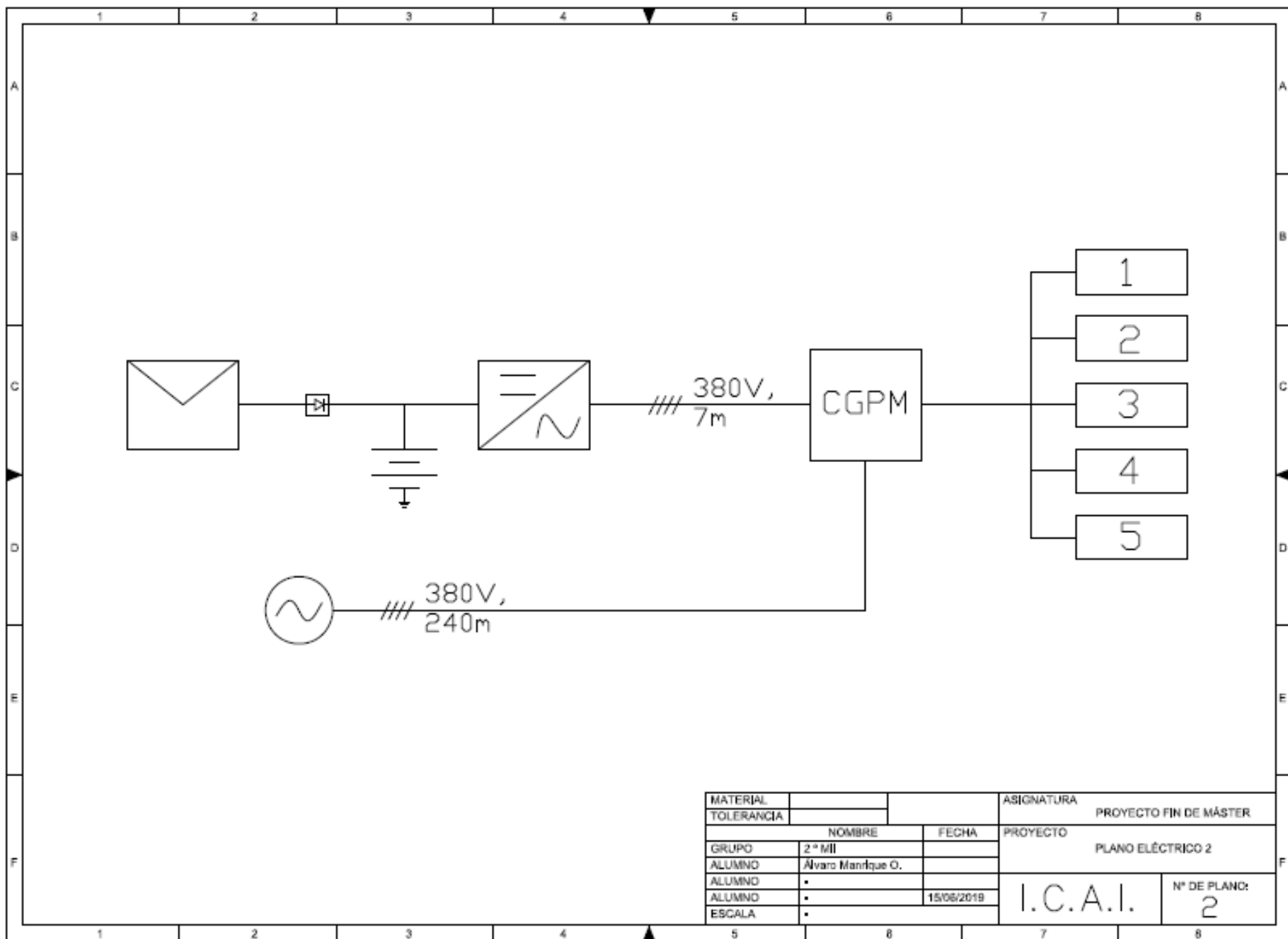
1. Esquema eléctrico de la instalación

El esquema eléctrico presentado a continuación corresponde a la alternativa planteada por el alumno, ya que es esta ha sido la opción elegida como modelo para el dimensionamiento de la instalación.

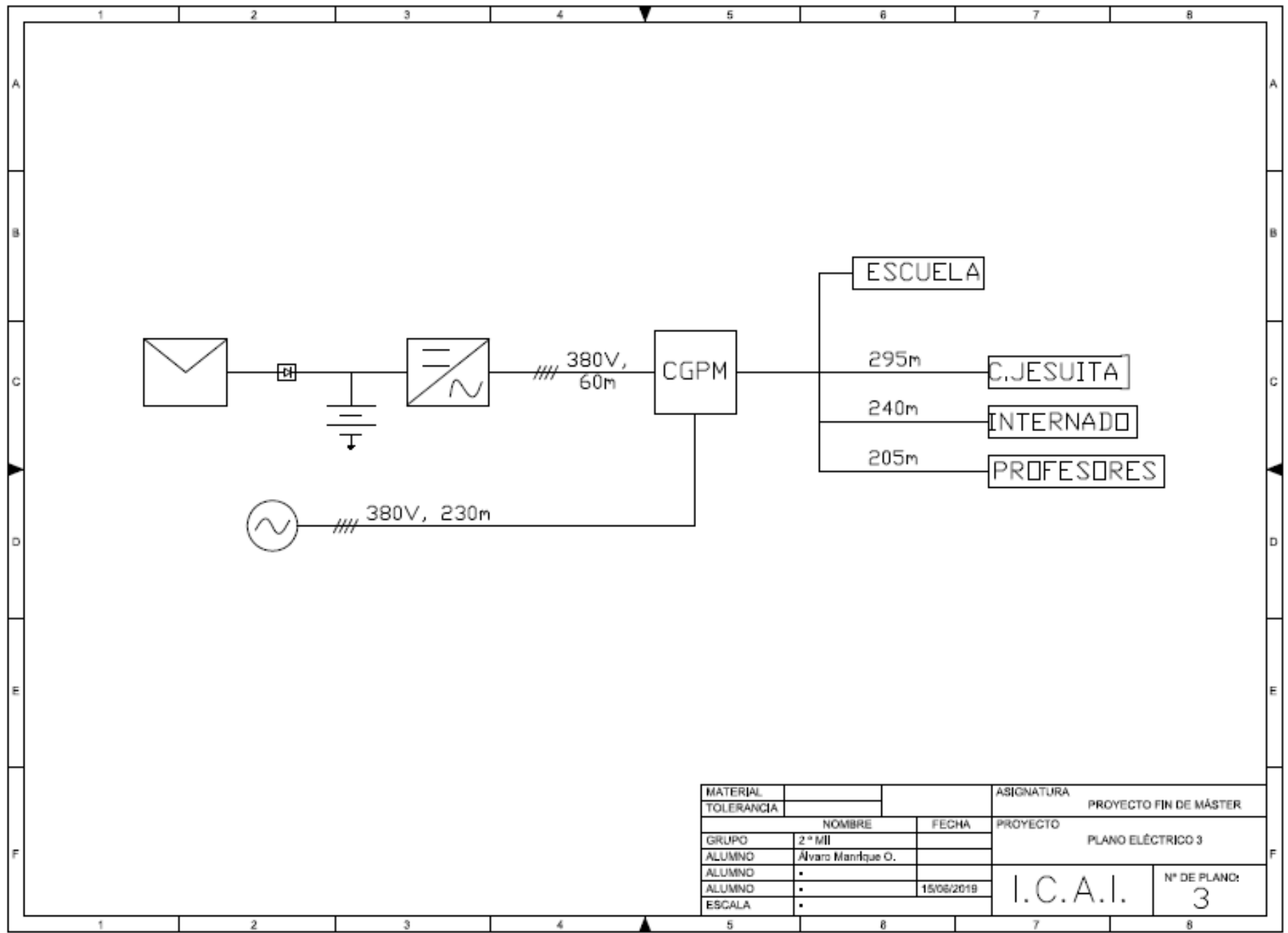
Sistema eléctrico 1	Sistema Generación cocinas y almacén
Sistema eléctrico 2	Sistema Generación casas familiares
Sistema eléctrico 3	Sistema Generación Escuela, C. Jesuitas, Internado y habitaciones profesores/as
Sistema eléctrico 4	Sistema Generación bombas 1 y 2
Sistema eléctrico 5	Sistema Generación bomba 3
Sistema eléctrico 6	Sistema Generación bomba 4



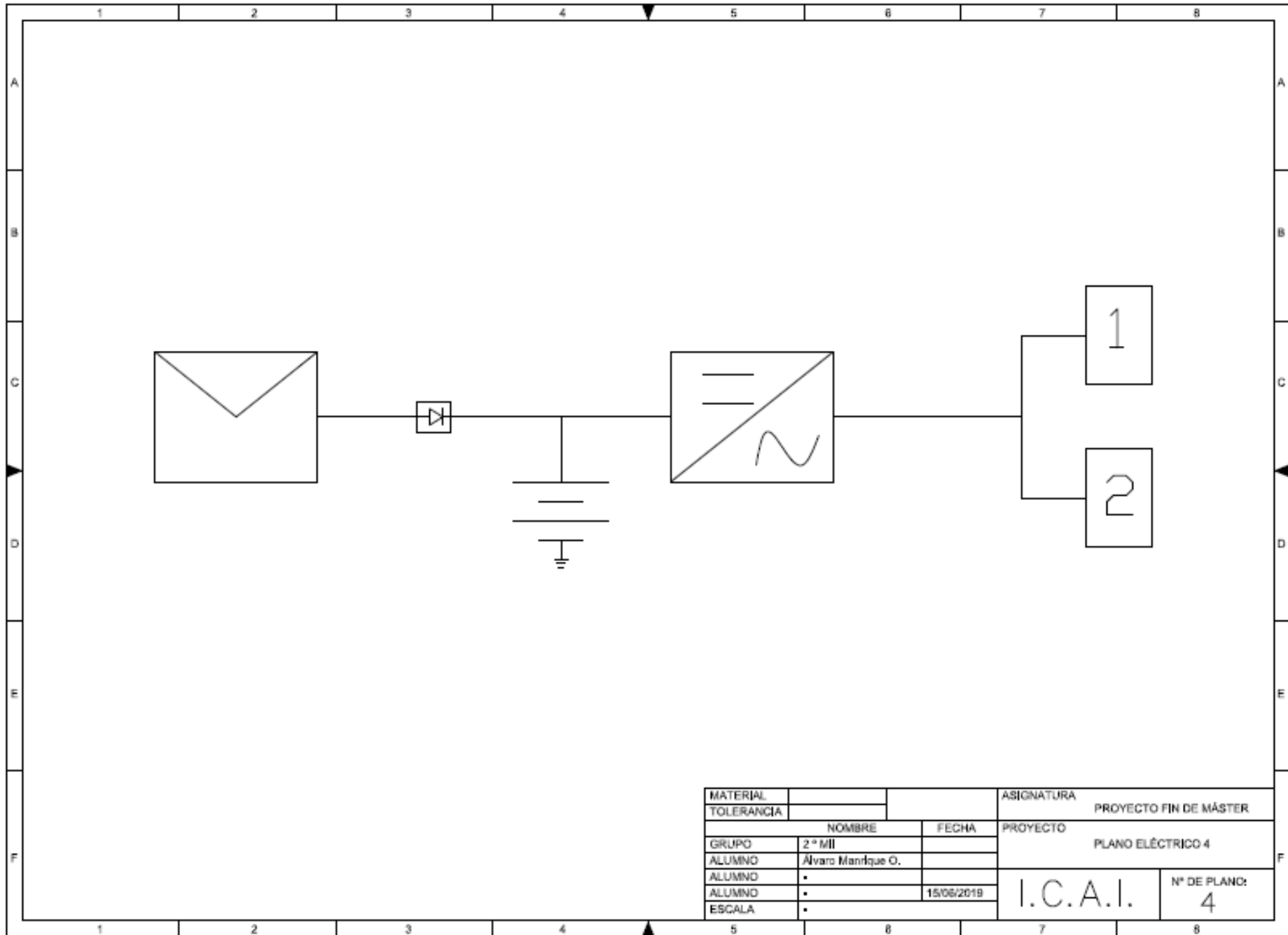
MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 1
GRUPO	2º MII	FECHA		
ALUMNO	Álvaro Mandque O.			
ALUMNO	-			
ALUMNO	-	15/06/2019		
ESCALA	.		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 1



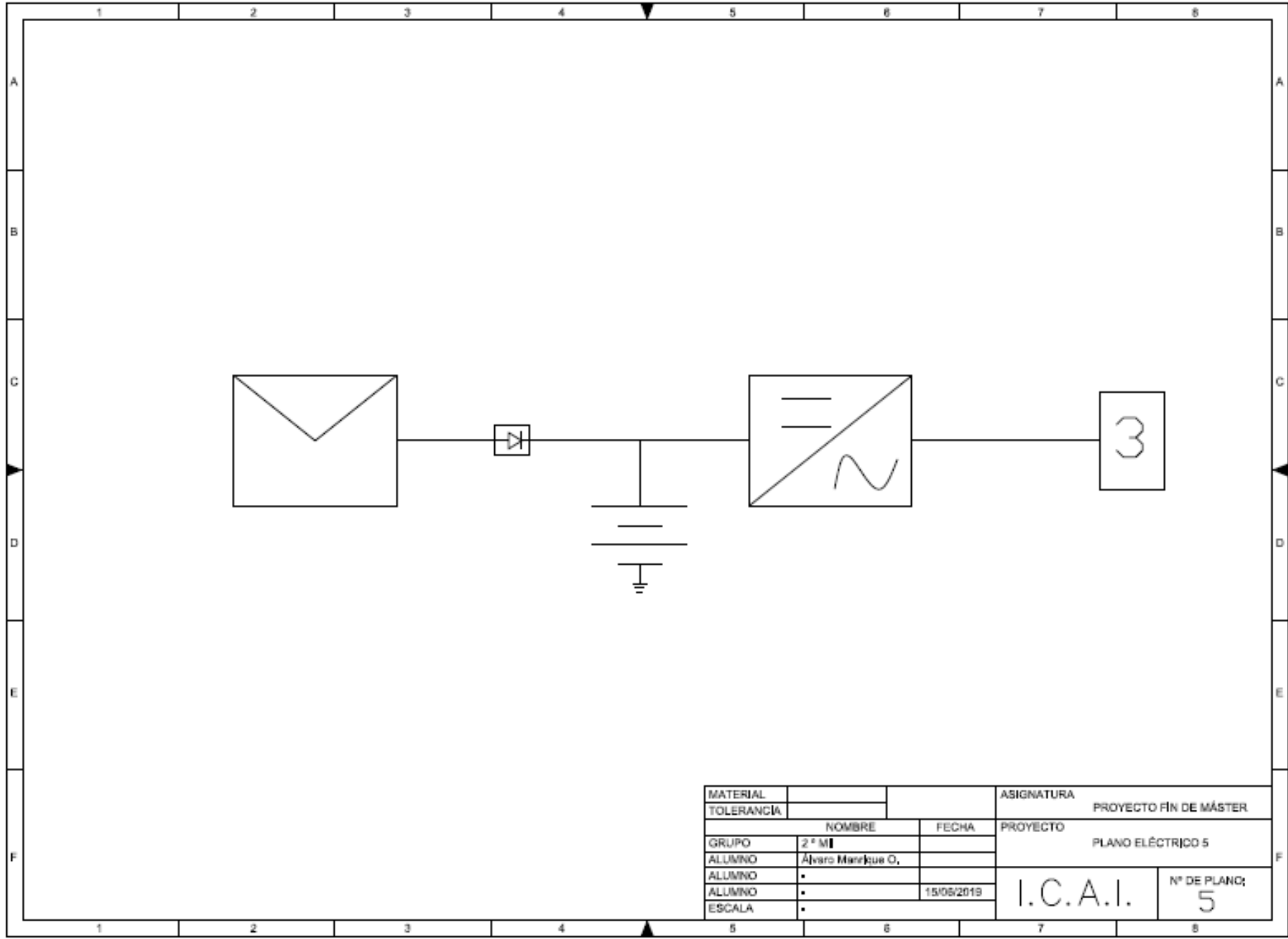
MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 2
	NOMBRE	FECHA		
GRUPO	2º MI			
ALUMNO	Álvaro Manrique O.			
ALUMNO	•			
ALUMNO	•	15/08/2019		
ESCALA	•		I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 2



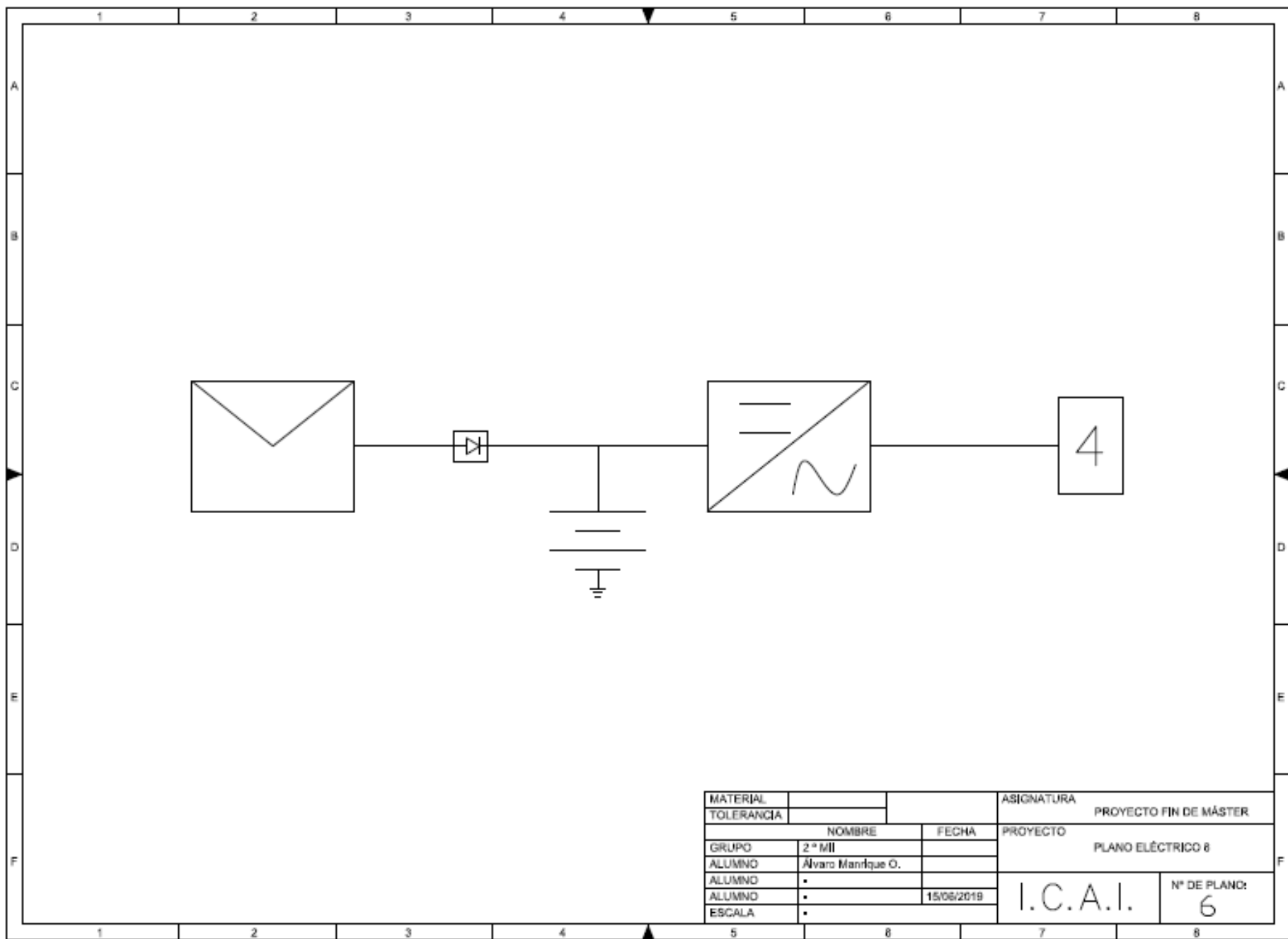
MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 3
GRUPO	2º MII	FECHA		
ALUMNO	Alvaro Manrique O.			
ALUMNO	•			
ALUMNO	•	15/06/2019	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 3
ESCALA	•			



MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER	
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 4	
GRUPO	2º MII	FECHA			
ALUMNO	Álvaro Manrique O.				
ALUMNO	•				
ALUMNO	•	15/06/2019			
ESCALA	•		I.C.A.I.	Nº DE PLANO:	4



MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 5
	NOMBRE	FECHA		
GRUPO	2º MI			
ALUMNO	Álvaro Manrique O,			
ALUMNO	•			
ALUMNO	•	15/05/2019	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 5
ESCALA	•			



MATERIAL			ASIGNATURA	PROYECTO FIN DE MÁSTER
TOLERANCIA			PROYECTO	PLANO ELÉCTRICO 8
GRUPO	2º MI	FECHA		
ALUMNO	Álvaro Manrique O.			
ALUMNO	•			
ALUMNO	•	15/06/2019	I.C.A.I.	Nº DE PLANO: 6
ESCALA	•			

2. Consumos

2.1. Consumos actuales en situación normal

Edificios de vivienda										
Casa de los Jesuitas										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Salón	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Comedor	1	2	19	38	CC	3	0,114	0,11		
Cocina	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Despensa	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01		
Sala de limpieza	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01		
Pasillo	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,15		
Baño invitados	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Baños individuales	6	1	19	19	CC	1	0,019	0,11		
Capilla	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Terraza	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,04		
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	2	0,014	0,01	
	Frigoríficos	2	-	-	500	CA	24	1,019	2,04	Consumo de 372kWh/año
	Batidora	1	-	-	100	CA	0,14	0,014	0,01	Se asume funcionamiento 1h/semana
	Televisión	1	-	-	100	CA	1	0,080	0,08	Consumo aproximado de 80Wh
	Canal por cable	1	-	-	60	CA	1	0,040	0,04	Consumo aprox. de 40Wh. Permanece encendido el mismo tiempo que la TV
	DVD	1	-	-	60	CA	0,3	0,040	0,01	Consumo de aprox. 40Wh. Tiempo de uso aprox. 2h/semana
	Plancha	1	-	-	1000	CA	0,2	0,214	0,21	Funcionamiento de 1,5h/semana
	PC portátil	2	-	-	120	CA	1	0,040	0,05	Funcionamiento 1h/día. FS = 0,6
	Impresora	1	-	-	60	CA	0,07	0,004	0,00	Funcionamiento 0,5h/semana
	Puntos de carga		-	-	-	CA	2	0,020	0,00	Consumo aprox. 10Wh para la carga de teléfonos móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				292		TOTAL (kWh/día)		3,396		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				2000						
Casa de profesores 1										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	

Habitaciones	6	1	19	19	CC	5	0,095	0,57		
Pasillo	1	1	19	19	CC	10	0,19	0,19		
Sala común	1	1	19	19	CC	4	0,076	0,08		
Baño	1	2	19	38	CC	16	0,608	0,61		
Otros consumos	Ilum. Exterior	2	-	7	14	CC	6	0,084	0,08	
	Plancha	1	-	-	1000	CA	0,071	0,071	0,07	Funcionamiento 0,5h/semana
	Televisión	1	-	-	100	CA	2	0,16	0,16	
	PC portátil	1	-	-	60	CA	1	0,04	0,02	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,05	Consumo aprox. de 10Wh para carga de teléfonos móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				109		TOTAL (kWh/día)		1,837		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				1160						

Casa de profesores 2

Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Pasillo	1	1	19	19	CC	8	0,152	0,15		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Baño	1	2	19	38	CC	16	0,608	0,61		
Otros consumos	Ilum. Exterior	-	-	-	-	CC	-	-	0,00	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,09	
	PC portátil	2	-	-	120	CA	1	0,04	0,05	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				95		TOTAL (kWh/día)		1,297		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				120						

Edificio de profesoras

Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	3	1	19	19	CC	3	0,057	0,171		
Pasillo	1	1	19	19	CC	8	0,152	0,152		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño	1	1	19	19	CC	14	0,266	0,266		
Almacén	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,038		
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	6	0,042	0,042	
	Tomas de fuerza	5	-	-	-	CA	2	0,02	0,06	Consumo aprox. de 10Wh para carga de teléfonos móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				102		TOTAL (kWh/día)		0,786		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

P_{TOTAL} CC, VIVIENDAS (W)	306
P_{TOTAL} CA, VIVIENDAS (W)	3280

CONSUMO TOTAL EDIFICIO VIVIENDAS (kWh/día)	7,32
---	-------------

Internado

Parte masculina

Descripción		Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones		3	6	19	114	CC	2	0,228	0,684	72 camas/habitación. Nº habitaciones: 3
Baños		1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	24 lavabos; 10 retretes; 10 duchas. Se sigue un horario de duchas.
Despacho encargado		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Habitación encargado1		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargado 1		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Habitación encargado2		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargado 2		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Otros consumos	Ilum. Exterior	0	-	19	7	CC	6	0,042	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1	0,01	0,036	Se supone 1h/día. Prohibido el uso de móviles en estudiantes
P TOTAL INSTALADA CC (W)					323	TOTAL (kWh/día)			1,043	
P TOTAL INSTALADA CA (W)					0					

Parte femenina

Descripción		Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones		2	6	19	114	CC	2	0,228	0,456	
Baños		1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	13 lavabos; 9 retretes; 9 duchas. Siguen horario de duchas
Despacho encargada		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Habitación encargada1		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargada1		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Habitación encargada2		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargada 2		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Otros consumos	Ilum. Exterior	0	-	7	7	CC	6	0,042	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-		1	0,01	0,036	
P TOTAL INSTALADA CC (W)					323	TOTAL (kWh/día)			0,815	
P TOTAL INSTALADA CA (W)					0					

Zonas comunes

Descripción		Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Sala TV		1	15	19	285	CC	1	0,285	0,285	Cuenta con una TV. Una vez al mes conectan un equipo de música
Almacén comida 1		1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019	

Almacén comida 2	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	Cuenta con 2 cámaras de congelado. Consumo de 372 kWh/año cada una	
Almacén comida 3	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095		
Pasillo	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038		
Almacén herramientas (pequeño)	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095		
Despacho	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038		
Comedor	1	15	19	285	CC	2	0,57	0,57		
Almacén herramientas (grande)	1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019		
Otros consumos	Illum. Exterior	5	-	7	7	CC	6	0,042	0,21	
	Frigorífico	2	-	-	500	CA	24	1,02	2,04	
	Televisión	1	-	-	100	CA	0,8	0,064	0,064	Consumo aprox. 80Wh. Conectado durante los fines de semana (aprox. 3h/día) 1 mes = 30 días, (4 fines de semana)
	Equipo de sonido	1	-	-	100	CA	0,2	0,02	0,004	Consumo aprox. de 80Wh. Se conecta 1 vez al mes durante aprox. 6h. 1 mes = 30 días
	Tomas de fuerza	12	-	-	-	CA	2	0,02	0,144	Utilizados principalmente para carga de teléfonos móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				814	TOTAL (kWh/día)			3,46		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				700						

P_{TOTAL CC, INTERNADO (W)}	1460
P_{TOTAL CA, INTERNADO (W)}	700

CONSUMO TOTAL INTERNADO (kWh/día)	5,316
--	--------------

Escuela									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas (W)}	P _{instalada (W)}	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Aula 1	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	Al ser la mayor parte de clases durante la mañana, la iluminación se considera natural
Aula 2	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 3	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 4	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 5	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 6	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 7	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 8	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 9	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 10	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 11	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	

Aula 12	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Aula 13	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Aula 14	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Sala de PCs	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Biblioteca	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Sala lectura	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Sala de profesores	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Secretaria	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Despacho director	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho d. pedagógico	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho contable	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
WC masculino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
WC femenino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
Almacén libros	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacén 1	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacén 2	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Sala baterías FV	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Otros consumos	Ilum. Exterior	10	-	7	7	CC	4	0,028	0,28	
	Tomas de fuerza	20	-	-	-	CA	1	0,01	0,06	F _{SIMULTANEIDAD} = 0,3
	PC fijo	2	-	-	160	CA	2	0,16	0,32	
	PC portátil	3	-	-	180	CA	2	0,08	0,24	
	Impresoras	4	-	-	240	CA	0,5	0,015	0,036	F _{SIMULTANEIDAD} = 0,6
	Casetes	1	-	-	40	CA	0,75	0,015	0,015	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				2198						
P TOTAL INSTALADA CA (W)				620						

P_{TOTAL CC, ESCUELA (W)}	2198
P_{TOTAL CA, ESCUELA (W)}	620

CONSUMO TOTAL ESCUELA (kWh/día)	2,99
Factor de funcionamiento	0,71
CONSUMO REAL (kWh/día)	2,13

Sistema de bombeo de agua				
PRESENTE	Funcionamiento (h/día)		P_{NOM} (kW)	Consumo (kWh/día)
	Bomba 1	3	0,108	0,324
	Bomba 2	3	0,108	0,324
	Bomba 3	2	0,108	0,216
	TOTAL [kWh/día]			0,864

P_{CONSUMIDA, CC [W]}	0,324
--------------------------------------	--------------

2.2. Consumos actuales en situación de emergencia

Edificios de vivienda										
Casa de los Jesuitas										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Salón	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Comedor	1	2	19	38	CC	3	0,114	0,11		
Cocina	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Despensa	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01		
Sala de limpieza	0	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,00		
Pasillo	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,08		
Baño invitados	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Habitaciones	6	1	19	19	CC	2	0,038	0,23		
Baños individuales	6	1	19	19	CC	1	0,019	0,11		
Capilla	0	1	19	19	CC	1	0,019	0,00		
Terraza	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,04		
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	2	0,014	0,01	
	Frigoríficos	2	-	-	500	CA	24	1,019	2,04	Consumo de 372kWh/año
	Batidora	0	-	-	100	CA	0,14	0,014	0,00	1h/semana
	Televisión	0	-	-	100	CA	1	0,080	0,00	Consumo aprox. 80Wh
	Canal por cable	0	-	-	60	CA	1	0,040	0,00	Consumo de 40Wh. Mismo uso que TV
	DVD	0	-	-	60	CA	0,3	0,040	0,01	Consumo de aprox. 40Wh. Uso 2h/semana
	Plancha	0	-	-	0	CA	0,2	0,000	0,00	Uso 1,5h/semana
	PC portátil	0	-	-	0	CA	1	0,040	0,00	1h/día. FS = 0,6
	Impresora	0	-	-	60	CA	0,07	0,004	0,00	0,5h/semana
	Puntos de carga		-	-	-	CA	2	0,020	0,00	Consumo 10Wh para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				292	TOTAL (kWh/día)		2,776			
P TOTAL INSTALADA CA (W)				880						
Casa de profesores 1										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	6	1	19	19	CC	5	0,095	0,57		
Pasillo	1	1	19	19	CC	10	0,19	0,19		
Sala común	1	1	19	19	CC	4	0,076	0,08		

Baño		1	2	19	38	CC	16	0,608	0,61	
Otros consumos	Ilum. Exterior	2	-	7	14	CC	6	0,084	0,08	
	Plancha	0	-	-	0	CA	0,071	0,000	0,00	0,5h/semana
	Televisión	0	-	-	100	CA	2	0,16	0,00	
	PC portátil	0	-	-	60	CA	1	0,04	0,00	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,05	Consumo de 10Wh para la carga de teléfonos móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)					109	TOTAL (kWh/día)		1,582		
P TOTAL INSTALADA CA (W)					160					

Casa de profesores 2										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Pasillo	1	1	19	19	CC	8	0,152	0,15		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Baño	1	2	19	38	CC	16	0,608	0,61		
Otros consumos	Ilum. Exterior	-	-	-	-	CC	-	-	0,00	
	Tomas de fuerza	0	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,00	
	PC portátil	0	-	-	0	CA	1	0,04	0,00	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				95	TOTAL (kWh/día)		1,159			
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

Edificio de profesoras										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	3	1	19	19	CC	3	0,057	0,171		
Pasillo	1	1	19	19	CC	8	0,152	0,152		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño	1	1	19	19	CC	14	0,266	0,266		
Almacén	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,038		
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	6	0,042	0,042	
	Tomas de fuerza	5	-	-	-	CA	2	0,02	0,06	Consumo de 10Wh para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				102	TOTAL (kWh/día)		0,786			
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

P_{TOTAL} CC, VIVIENDAS (W)	306
P_{TOTAL} CA, VIVIENDAS (W)	1040

CONSUMO TOTAL EDIFICIOS VIVIENDAS (kWh/día)	6,30
--	-------------

Internado

Parte masculina										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	3	6	19	114	CC	2	0,228	0,684	72 camas/habitación. Nº habitaciones: 3	
Baños	1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	24 lavabos; 10 retretes; 10 duchas. Se sigue horario de duchas.	
Despacho encargado	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Habitación encargado 1	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargado 1	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Habitación encargado 2	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargado 2	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. Exterior	0	-	19	19	CC	6	0,114	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1	0,01	0,036	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				342		TOTAL (kWh/día)		1,043		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

Parte femenina										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	2	6	19	114	CC	2	0,228	0,456		
Baños	1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	13 lavabos; 9 retretes; 9 duchas. Siguen horario de duchas	
Despacho encargada	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Habitación encargada 1	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargada 1	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Habitación encargada 2	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargada 2	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. Exterior	0	-	7	7	CC	6	0,042	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1	0,01	0,036	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				330		TOTAL (kWh/día)		0,815		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

Zonas comunes									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Sala TV	1	15	19	285	CC	1	0,285	0,285	Cuenta con una TV. Además una vez al mes conectan un equipo de música
Almacén comida 1	1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019	

Almacén comida 2	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	2 cámaras de congelado. Consumo de 372 kWh/año cada una	
Almacén comida 3	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095		
Pasillo	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038		
Almacén herramientas (pequeño)	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095		
Despacho	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038		
Comedor	1	15	19	285	CC	2	0,57	0,57		
Almacén herramientas (grande)	1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. Exterior	5	-	7	7	CC	6	0,042	0,21	
	Frigorífico	2	-	-	500	CA	24	1,02	2,04	
	Televisión	0	-	-	100	CA	0,8	0,064	0	Consumo aprox. 80Wh. fines de semana 3h/día. 4 fines de semana/mes
	Equipo de sonido	0	-	-	100	CA	0,2	0,02	0,004	Consumo aprox. 80Wh. 6h/mes. 1 mes = 30 días
	Tomas de fuerza	12	-	-	-	CA	2	0,02	0,144	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				814	TOTAL (kWh/día)			3,39		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				700						

P_{TOTAL CC, INTERNADO (W)}	1486
P_{TOTAL CA, INTERNADO (W)}	700

CONSUMO TOTAL INTERNADO (kWh/día)	5,252
--	--------------

Escuela									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas (W)}	P _{instalada (W)}	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Aula 1	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	Al ser la mayor parte de clases durante la mañana, la iluminación se considera natural
Aula 2	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 3	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 4	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 5	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 6	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 7	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 8	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 9	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 10	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 11	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 12	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 13	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	

Aula 14	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Sala de PCs	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Biblioteca	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Sala lectura	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Sala de profesores	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Secretaria	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152		
Despacho director	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho d. pedagógico	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho contable	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
WC masculino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
WC femenino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
Almacén libros	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacén 1	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacén 2	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Sala baterías FV	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Otros consumos	Ilum. Exterior	10	-	7	7	CC	4	0,028	0,28	
	Tomas de fuerza		-	-	-	CA	1	0,01	0	F _{SIMULTANEIDAD} = 0,3
	PC fijo	0	-	-	0	CA	2	0,16	0	
	PC portátil	0	-	-	0	CA	2	0,08	0	
	Impresoras	0	-	-	0	CA	0,5	0,015	0	F _{SIMULTANEIDAD} = 0,6
	Casetes	0	-	-	0	CA	0,75	0,015	0	

	P TOTAL INSTALADA CC (W)	2198
	P TOTAL INSTALADA CA (W)	0

P_{TOTAL CC, ESCUELA (W)}	2198
P_{TOTAL CA, ESCUELA (W)}	0

CONSUMO TOTAL ESCUELA (kWh/día)	2,32
Factor de funcionamiento	0,71
CONSUMO REAL (kWh/día)	1,65

2.3. Consumos situación mejorada

Consumos mejorados en situación normal

Edificios de vivienda									
Casa de los Jesuitas									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas (W)}	P _{instalada (W)}	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios

Salón	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Comedor	1	2	19	38	CC	3	0,114	0,11		
Cocina	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Despensa	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01		
Sala de limpieza	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01		
Pasillo	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,08		
Baño invitados	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Baños individuales	6	1	19	19	CC	1	0,019	0,11		
Capilla	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Terraza	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,04		
Otros consumos	Iluminación Exterior	1	-	7	7	CC	2	0,014	0,01	
	Frigoríficos	2	-	-	500	CA	24	1,019	2,04	Consumo de 372kWh/año
	Batidora	1	-	-	100	CA	0,14	0,014	0,01	Se asume 1h a la semana
	Televisión	1	-	-	100	CA	1	0,080	0,08	Se asume consumo aproximado de 80Wh
	Canal por cable	1	-	-	60	CA	1	0,040	0,04	consumo de 40Wh. Mismo tiempo que TV
	DVD	1	-	-	60	CA	0,3	0,040	0,01	Consumo 40Wh. 2h/semana
	Plancha	1	-	-	1000	CA	0,2	0,214	0,21	1.5h/semana
	PC portátil	2	-	-	120	CA	1	0,040	0,05	Se asume 1h al día. FS = 0,6
	Impresora	1	-	-	60	CA	0,07	0,004	0,00	0.5h/semana
	Puntos de carga		-	-	-	CA	2	0,020	0,00	Consumo de 10Wh para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				292				TOTAL (kWh/día)	3,320	
P TOTAL INSTALADA CA (W)				1000						

Casa de profesores 1										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Baño	1	2	19	38	CC	2	0,076	0,08		
Otros consumos	Ilum. Exterior	2	-	7	14	CC	6	0,084	0,17	
	Plancha	1	-	-	1000	CA	0,071	0,071	0,07	Se asume 0,5h/semana
	Televisión	1	-	-	100	CA	2	0,16	0,16	Una TV en uno de los edificios de los profesores
	PC portátil	1	-	-	60	CA	1	0,04	0,02	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,05	Se asume consumo de 10Wh para carga de móviles

P TOTAL INSTALADA CC (W)	109		TOTAL (kWh/día)	0,971
P TOTAL INSTALADA CA (W)	160			

Casa de profesores 2									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34	
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02	
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06	
Baño	1	2	19	38	CC	2	0,076	0,08	
Otros consumos	Ilum. Ext.	-	-	-	CC	-	-	0,00	
	Tomas de fuerza	6	-	-	CA	1,5	0,015	0,09	
	PC portátil	2	-	-	CA	1	0,04	0,05	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				95			TOTAL (kWh/día)	0,632	
P TOTAL INSTALADA CA (W)				120					

Edificio de profesoras									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones	3	1	19	19	CC	3	0,057	0,171	
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,038	
Almacén	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	CC	6	0,042	0,042	
	Tomas de fuerza	5	-	-	CA	2	0,02	0,06	Se asume consumo de 10Wh para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				102			TOTAL (kWh/día)	0,406	
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0					

P_{TOTAL CC, VIVIENDAS} (W)	306
P_{TOTAL CA, VIVIENDAS} (W)	1280

CONSUMO TOTAL ED. VIVIENDAS (kWh/día)	5,33
--	-------------

Internado									
Parte masculina									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones	3	6	19	114	CC	2	0,228	0,684	72 camas/habitación. 3 habitaciones

Baños	1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	24 lavabos; 10 retretes; 10 duchas.	
Despacho encargado	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Habitación encargado 1	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargado 1	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Habitación encargado 2	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargado 2	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. exterior	0	-	19	19	CC	6	0,114	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-		1	0,01	0,036	Se supone 1h

P TOTAL INSTALADA CC (W)	342	TOTAL (kWh/día)	1,043
P TOTAL INSTALADA CA (W)	0		

Parte femenina										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	2	6	19	114	CC	2	0,228	0,456		
Baños	1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	13 lavabos; 9 retretes; 9 duchas. Siguen horario de duchas	
Despacho encargada	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Habitación encargada 1	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargada 1	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Habitación encargada 2	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057		
Baño encargada 2	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. exterior	0	-	7	7	CC	6	0,042	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-		1	0,01	0,036	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				330	TOTAL (kWh/día)			0,815		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

Zonas comunes									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Sala TV	1	15	19	285	CC	1	0,285	0,285	Cuenta con una TV. Y equipo de música
Almacén comida 1	1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019	
Almacén comida 2	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	2 congeladores. Consumo de 372 kWh/año cada una
Almacén comida 3	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	
Pasillo	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038	
Almacén herramientas (pequeño)	1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	
Despacho	1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038	
Comedor	1	15	19	285	CC	2	0,57	0,57	

Almacén herramientas (grande)	1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019		
Otros consumos	Ilum. exterior	5	-	7	7	CC	6	0,042	0,21	
	Frigorífico	2	-	-	500	CA	24	1,02	2,04	
	Televisión	1	-	-	100	CA	0,8	0,064	0,064	Consumo de 80Wh. Fines de semana 3h/día. 1 mes = 30 días, 4 fines de semana/mes
	Equipo de sonido	1	-	-	100	CA	0,2	0,02	0,004	Consumo de 80Wh. 1 vez al mes durante aprox. 6h.
	Tomas de fuerza	12	-	-	-	CA	2	0,02	0,144	Para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)				786				TOTAL (kWh/día)	3,46	
P TOTAL INSTALADA CA (W)				700						

P_{TOTAL CC, INTERNADO} (W)	1458
P_{TOTAL CA, INTERNADO} (W)	700

CONSUMO TOTAL INTERNADO (kWh/día)	5,316
--	--------------

Escuela									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Aula 1	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	Al ser la mayor parte de clases durante la mañana, la iluminación se considera natural
Aula 2	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 3	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 4	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 5	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 6	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 7	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 8	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 9	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 10	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 11	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 12	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 13	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 14	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Sala de PCs	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Biblioteca	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152	
Sala lectura	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152	
Sala de profesores	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Secretaría	1	4	19	76	CC	2	0,152	0,152	

Despacho director	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho d. pedagógico	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
Despacho contable	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076		
WC masculino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
WC femenino	1	4	19	76	CC	0,5	0,038	0,038		
Almacén libros	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacen 1	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Almacén 2	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Sala baterías FV	1	4	19	76	CC	0,2	0,0152	0,0152		
Otros consumos	Ilum. exterior	-		7	7	CC	4	0,028	0	
	Tomas de fuerza		-	-	-	CA	1	0,01	0	
	PC fijo	2	-	-	160	CA	2	0,16	0,32	
	PC portátil	3	-	-	180	CA	2	0,08	0,24	
	Impresoras	4	-	-	240	CA	0,5	0,015	0,036	
	Casetes	1	-	-	40	CA	0,75	0,015	0,015	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				2135						
P TOTAL INSTALADA CA (W)				620						

P_{TOTAL CC, ESCUELA (W)}	2135
P_{TOTAL CA, ESCUELA (W)}	620

CONSUMO DE LA ESCUELA [kWh]	2,65
------------------------------------	-------------

Factor de funcionamiento	0,71
CONSUMO REAL (kWh/día)	1,89

Consumos mejorados en situación de emergencia

Edificios de vivienda									
Casa de los Jesuitas									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas (W)}	P _{instalada (W)}	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Salón	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06	
Comedor	1	2	19	38	CC	3	0,114	0,11	
Cocina	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06	
Despensa	1	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,01	
Sala de limpieza	0	1	19	19	CC	0,5	0,010	0,00	
Pasillo	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,08	
Baño invitados	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02	

Habitaciones	6	1	19	19	CC	2	0,038	0,23		
Baños individuales	6	1	19	19	CC	1	0,019	0,11		
Capilla	0	1	19	19	CC	1	0,019	0,00		
Terraza	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,04		
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	2	0,014	0,01	
	Frigoríficos	2	-	-	500	CA	24	1,019	2,04	Consumo de 372kWh/año
	Batidora	0	-	-	100	CA	0,14	0,014	0,00	1h/semana
	Televisión	0	-	-	100	CA	1	0,080	0,00	Se asume consumo aproximado de 80Wh
	Canal por cable	0	-	-	60	CA	1	0,040	0,00	Encendido mismo tiempo que TV
	DVD	0	-	-	60	CA	0,3	0,040	0,01	Se asume consumo de aprox. 40Wh. 2h/semana
	Plancha	0	-	-	0	CA	0,2	0,000	0,00	1.5h/semana
	PC portátil	0	-	-	0	CA	1	0,040	0,00	Se asume 1h al día. FS = 0,6
	Impresora	0	-	-	60	CA	0,07	0,004	0,00	Se asume 0,5h a la semana
	Puntos de carga		-	-	-	CA	2	0,020	0,00	Consumo de 10Wh para carga de móviles
				P TOTAL INSTALADA CC (W)	292			TOTAL (kWh/día)	2,776	
				P TOTAL INSTALADA CA (W)	880					

Casa de profesores 1										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	Pbombillas (W)	Pinstalada (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34		
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02		
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Baño	1	2	19	38	CC	2	0,076	0,08		
Otros consumos	Ilum. Exterior	2	-	7	14	CC	6	0,084	0,17	
	Plancha	0	-	-	0	CA	0,071	0,000	0,00	Se asume 0,5h/semana
	Televisión	0	-	-	100	CA	2	0,16	0,00	Una TV en uno de los edificios de los profesores
	PC portátil	0	-	-	60	CA	1	0,04	0,00	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,05	Consumo de 10Wh para carga de móviles
				P TOTAL INSTALADA CC (W)	109			TOTAL (kWh/día)	0,716	
				P TOTAL INSTALADA CA (W)	160					

Casa de profesores 2									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	Pbombillas (W)	Pinstalada (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones	6	1	19	19	CC	3	0,057	0,34	
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,02	

Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,06		
Baño	1	2	19	38	CC	2	0,076	0,08		
Otros consumos	Illum. Exterior	-	-	-	-	CC	-	-	0,00	
	Tomas de fuerza	0	-	-	-	CA	1,5	0,015	0,00	
	PC portátil	0	-	-	0	CA	1	0,04	0,00	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				95				TOTAL (kWh/día)	0,494	
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0						

Edificio de profesoras											
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios		
Habitaciones	3	1	19	19	CC	3	0,057	0,171			
Pasillo	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019			
Sala común	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057			
Baño	1	1	19	19	CC	2	0,038	0,038			
Almacén	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019			
Otros consumos	Illum. Exterior	1	-	7	7	CC	6	0,042	0,042		
	Tomas de fuerza	5	-	-	-	CA	2	0,02	0,06	Consumo 10Wh para carga de móviles	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				102				TOTAL (kWh/día)	0,406		
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0							

P_{TOTAL CC, VIVIENDAS} (W)	306
P_{TOTAL CA, VIVIENDAS} (W)	1040

CONSUMO TOTAL ED. VIVIENDAS (kWh/día)	4,39
--	-------------

Internado											
Parte masculina											
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombilla} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios		
Habitaciones	3	6	19	114	CC	2	0,228	0,684	72 camas/habitación. 3 habitaciones		
Baños	1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	24 lavabos; 10 retretes; 10 duchas.		
Despacho encargado	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057			
Habitación encargado 1	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057			
Baño encargado 1	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019			
Habitación encargado 2	1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057			
Baño encargado 2	1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019			
Otros consumos	Illum. Ext.	0	-	19	19	CC	6	0,114	0		
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1	0,01	0,036	1h	

P TOTAL INSTALADA CC (W)	342
P TOTAL INSTALADA CA (W)	0

TOTAL (kWh/día)	1,043
------------------------	--------------

Parte femenina										
Descripción		Uds.	Puntos de luz	P_{bombilla} (W)	P_{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones		2	6	19	114	CC	2	0,228	0,456	
Baños		1	6	19	114	CC	1	0,114	0,114	13 lavabos; 9 retretes; 9 duchas.
Despacho encargada		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Habitación encargada 1		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargada 1		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Habitación encargada 2		1	1	19	19	CC	3	0,057	0,057	
Baño encargada 2		1	1	19	19	CC	1	0,019	0,019	
Otros consumos	Ilum. Ext.	0	-	7	7	CC	6	0,042	0	
	Tomas de fuerza	6	-	-	-	CA	1	0,01	0,036	
P TOTAL INSTALADA CC (W)					330			TOTAL (kWh/día)	0,815	
P TOTAL INSTALADA CA (W)					0					

Zonas comunes										
Descripción		Uds.	Puntos de luz	P_{bombilla} (W)	P_{instalada} (W)	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Sala TV		1	15	19	285	CC	1	0,285	0,285	Cuenta con TV y equipo de música
Almacén comida 1		1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019	
Almacén comida 2		1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	Cuenta con 2 cámaras de congelado. Consumo de 372 kWh/año cada una
Almacén comida 3		1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	
Pasillo		1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038	
Almacén herramientas (pequeño)		1	1	19	19	CC	0,5	0,0095	0,0095	
Despacho		1	2	19	38	CC	1	0,038	0,038	
Comedor		1	15	19	285	CC	2	0,57	0,57	
Almacén herramientas (grande)		1	2	19	38	CC	0,5	0,019	0,019	
Otros consumos	Ilum. Ext.	5	-	7	7	CC	6	0,042	0,21	
	Frigorífico	2	-	-	500	CA	24	1,02	2,04	
	Televisión	0	-	-	100	CA	0,8	0,064	0	Consumo aprox. 80Wh.
	Equipo de sonido	0	-	-	100	CA	0,2	0,02	0,004	Consumo 80Wh.
	Tomas de fuerza	12	-	-	-	CA	2	0,02	0,144	Para carga de móviles
P TOTAL INSTALADA CC (W)					786			TOTAL (kWh/día)	3,39	
P TOTAL INSTALADA CA (W)					700					

P_{TOTAL CC, INTERNADO} (W)	1458
--	-------------

CONSUMO TOTAL	5,252
----------------------	--------------

P_{TOTAL CA, INTERNADO (W)}	700
--	------------

INTERNADO (kWh/día)	
----------------------------	--

Escuela									
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas (W)}	P _{instalada (W)}	CC/CA	Tiempo uso (h/día)	Consumo (Wh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Aula 1	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	Al ser la mayor parte de clases durante la mañana, la iluminación se considera natural
Aula 2	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 3	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 4	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 5	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 6	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 7	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 8	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 9	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 10	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 11	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 12	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 13	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Aula 14	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Sala de PCs	1	4	19	76	CC	1	0,076	0,076	
Biblioteca	1		19	0	CC	2	0	0	
Sala lectura	1		19	0	CC	2	0	0	
Sala de profesores	1		19	0	CC	1	0	0	
Secretaria	1		19	0	CC	2	0	0	
Despacho director	1		19	0	CC	1	0	0	
Despacho director pedagógico	1		19	0	CC	1	0	0	
Despacho contable	1		19	0	CC	1	0	0	
WC masculino	1		19	0	CC	0,5	0	0	
WC femenino	1		19	0	CC	0,5	0	0	
Almacén libros	1		19	0	CC	0,2	0	0	
Almacen 1	1		19	0	CC	0,2	0	0	
Almacén 2	1		19	0	CC	0,2	0	0	
Sala baterías FV	1		19	0	CC	0,2	0	0	
Otros consumos	Ilum. Ext.	-	7	7	CC	4	0,028	0	
	Tomas de fuerza		-	-	CA	1	0,01	0	Fs = 0,3
	PC fijo	0	-	-	CA	2	0,16	0	
	PC portátil	0	-	-	CA	2	0,08	0	
	Impresoras	0	-	-	CA	0,5	0,015	0	Fs = 0,6
Cassetes	0	-	-	0	CA	0,75	0,015	0	
P TOTAL INSTALADA CC (W)				1147					
P TOTAL INSTALADA CA (W)				0					

P_{TOTAL CC, ESCUELA} (W)	1147
P_{TOTAL CA, ESCUELA} (W)	0

CONSUMO TOTAL ESCUELA (kWh/día)	1,14
Factor de funcionamiento	0,71
CONSUMO REAL (kWh/día)	0,81

2.4. Consumos futuros

Edificio de cocinas										
Descripción	Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios	
SECCIÓN 1	Lavadero de platos	1	2	19	38	CC	2	0,08	0,08	
	Almacén frigorífico	1	1	19	19	CC	0,5	0,01	0,01	
	Despensa	1	1	19	19	CC	0,5	0,01	0,01	
	Cocina 1	1	2	19	38	CC	2	0,08	0,08	
	Estantería	1	0	19	0	CC	0	0,00	0,00	
	Pasillo	1	1	19	19	CC	2	0,04	0,04	
	Almacén	1	1	19	19	CC	1	0,02	0,02	
SECCIÓN 2	Cocina 2	1	6	19	114	CC	2	0,23	0,23	
SECCIÓN 3	Comedor	1	15	19	285	CC	3	0,86	0,86	
SECCIÓN 4	WC masculino	1	3	19	57	CC	1	0,06	0,06	
SECCIÓN 5	WC femenino	1	3	19	57	CC	1	0,06	0,06	
SECCIÓN 6	Lavandería masculina	1	4	19	76	CC	2	0,15	0,15	
	Vestuario masculino	1	1	19	19	CC	0,5	0,01	0,01	
SECCIÓN 7	Lavandería femenina	1	4	19	76	CC	2	0,15	0,15	
	Vestuario femenino	1	1	19	19	CC	0,5	0,01	0,01	
Otros consumos	Plancha	2	-	-	2000	CA	1	2,00	2,00	
	Frigorífico	2	-	-	500	CA	24	1,02	2,04	
	Cocina eléctrica	1	-	-	2500	CA	3	7,50	7,50	Cocina eléctrica alimentada por los generadores
	Ilum. Exterior	3	-	7	7	CC	3	0,02	0,06	
	Tomas de fuerza	17	-	-	-	CA	2	0,02	0,34	

P TOTAL INSTALADA CC (W)	876
P TOTAL INSTALADA CA (W)	5000

CONSUMO TOTAL COCINA (kWh/día)	13,69
---	--------------

Almacén										
Descripción		Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
SECCIÓN 1	Almacén grande	1	10	19	190	CC	4	0,76	0,76	
SECCIÓN 2	Almacén pequeño	1	1	19	19	CC	4	0,076	0,076	
Otros consumos	Ilum. Exterior	2	-	7	7	CC	6	0,042	0,084	
	Tomas de fuerza	2	-	-	-		2	0,04	0,08	
P TOTAL INSTALADA CC (W)					223					
P TOTAL INSTALADA CA (W)					0					

CONSUMO TOTAL ALMACÉN (kWh/día)	1,00
--	-------------

Edificios viviendas familiares (x5)										
Descripción		Uds.	Puntos de luz	P _{bombillas} (W)	P _{instalada} (W)	CC/CA	Uso (h/día)	Consumo (kWh/día)	Total (kWh/día)	Comentarios
Habitaciones		2	1	19	19	CC	1	0,02	0,04	
Cocina		1	1	19	19	CC	2	0,04	0,04	
Pasillo		1	1	19	19	CC	1	0,02	0,02	
Sala común		1	1	19	19	CC	2	0,04	0,04	
Baños		1	1	19	19	CC	1	0,02	0,02	
Otros consumos	Ilum. Exterior	1	-	7	7	CC	2	0,01	0,01	
	TV	1	-	-	100	CA	2	0,16	0,16	
	Plancha	1	-	-	1000	CA	0,3	0,29	0,29	
	Frigorífico	1	-	-	250	CA	24	1,02	1,02	
	Tomas de fuerza	5	-	-	-	CA	2	0,02	0,1	
P TOTAL INSTALADA CC (W)					102					
P TOTAL INSTALADA CA (W)					1350					

P_{TOTAL CC, FUTURO} (W)	1201
P_{TOTAL CA, FUTURO} (W)	6350

CONSUMO TOTAL VIVIENDAS	1,73
------------------------------------	-------------

FAMILIARES (kWh/día)	
--------------------------------	--

Sistema de bombeo de agua			
Funcionamiento (h/día)		P_{NOM} (kW)	Consumo (kWh/día)
Bomba 1	3	0,108	0,324
Bomba 2	3	0,108	0,324
Bomba 3	2	0,108	0,216
Bomba 4	3	0,108	0,324
		TOTAL [kWh/día]	1,188

P_{CONSUMIDA, CC [W]}	0,432
--------------------------------------	--------------

3. Factor de corrección K

Latitud 14°

Incl.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1.04	1.03	1.01	1	0.99	0.98	0.99	1	1.01	1.03	1.04	1.04
10	1.06	1.04	1.02	0.99	0.96	0.96	0.96	0.99	1.02	1.05	1.08	1.08
15	1.09	1.06	1.02	0.97	0.94	0.92	0.94	0.97	1.02	1.07	1.1	1.1
20	1.1	1.06	1.01	0.95	0.9	0.88	0.9	0.95	1.01	1.08	1.12	1.13
25	1.11	1.06	1	0.92	0.86	0.84	0.86	0.92	1	1.08	1.14	1.14
30	1.11	1.05	0.97	0.89	0.82	0.79	0.81	0.88	0.98	1.08	1.14	1.15
35	1.11	1.04	0.95	0.85	0.77	0.73	0.76	0.84	0.95	1.06	1.14	1.15
40	1.09	1.02	0.91	0.8	0.71	0.67	0.7	0.79	0.92	1.04	1.13	1.14
45	1.08	0.99	0.87	0.75	0.65	0.61	0.64	0.74	0.88	1.02	1.11	1.13
50	1.05	0.96	0.83	0.69	0.58	0.54	0.57	0.68	0.83	0.98	1.09	1.1
55	1.02	0.92	0.78	0.63	0.51	0.46	0.5	0.62	0.78	0.94	1.06	1.07
60	0.98	0.87	0.73	0.57	0.44	0.39	0.43	0.55	0.72	0.9	1.02	1.04
65	0.94	0.82	0.67	0.5	0.36	0.31	0.35	0.48	0.66	0.84	0.97	1
70	0.89	0.77	0.6	0.43	0.29	0.23	0.28	0.41	0.59	0.79	0.92	0.95
75	0.83	0.71	0.54	0.35	0.21	0.15	0.2	0.33	0.52	0.72	0.87	0.9

80	0.77	0.65	0.47	0.28	0.13	0.1	0.11	0.25	0.45	0.66	0.8	0.84
85	0.71	0.58	0.39	0.2	0.1	0.09	0.09	0.18	0.38	0.59	0.74	0.77
90	0.64	0.51	0.32	0.12	0.09	0.08	0.08	0.1	0.3	0.51	0.67	0.71

Tabla 45. Factor de corrección K para 14° de latitud

4. Distribución generación FV vs grupos diésel

A continuación, se muestra la distribución entre generación solar fotovoltaica y generación mediante grupos diésel para cada uno de los distintos sistemas empleados en las dos alternativas planteadas, según se mencionó en el apartado *Situación eléctrica actual de la ESIL*.

OPCIÓN 1. ALTERNATIVA PLANTEADA POR LA COMUNIDAD JESUITA			
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE			
Casa de jesuitas	1332,0	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)	
	292	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)	
	1040,0	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV	
	2000	Potencia consumida en CA en situación normal (W)	
	960,0	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)	
	FV	1332,0	58,12%
	GE	960,0	41,9%
	Total	2292,0	100%
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE			
COCINAS	1376,1	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)	
	876,1	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)	
	500,0	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV	
	5000	Potencia consumida en CA en situación normal (W)	
	4500,0	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)	
	FV	1376,1	23,42%
	GE	4500,0	76,6%
	Total	5876,1	100%
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE			
Viviendas familiares	452,1	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)	
	102,1	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)	
	350,0	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV	
	1350	Potencia consumida en CA en situación normal (W)	

	1000,0	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)		
			FV	452,1
			GE	1000,0
			Total	1452,1
				31,13%
				68,9%
				100%
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE				
Otros	4078,8	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)		
	3192,4	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)		
	886,4	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV		
	2600	Potencia consumida en CA en situación normal (W)		
	1713,6	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)		
				FV
			GE	1713,6
			Total	5792,4
				70,42%
				29,6%
				100%
OPCIÓN 2. ALTERNATIVA PLANTEADA POR EL ALUMNO				
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE				
Viviendas familiares	452,0	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)		
	102	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)		
	350,0	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV		
	1350	Potencia consumida en CA en situación normal (W)		
	1000,0	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)		
				FV
			GE	1000,0
			Total	1452,0
				31,13%
				68,9%
				100%
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE				
Cocinas & Almacén	1592,0	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)		
	1099	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)		
	493,0	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV		
	5000	Potencia consumida en CA en situación normal (W)		
	4507,0	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)		
				FV
			GE	4507,0
			Total	6099,0
				26,10%
				73,9%
				100%
Fracción de consumo cubierto por FV y por GE				
Otros	4242,1	Correspondiente al consumo en situación de EME (W)		
	2976	Correspondiente al consumo en CC en situación normal (W)		

	1266,1	La diferencia entre la situación de EME y la normal. Consumo que sobraría en situación normal que puede abastecer la FV
	4100	Potencia consumida en CA en situación normal (W)
	2833,9	Potencia en CA en situación normal cubierta por los GE (W)

FV	4242,1	59,95%
GE	2833,9	40,0%
Total	7076,0	100%

5. Cálculos

El dimensionado de cada uno de los siguientes elementos se ha realizado siguiendo en todo momento los pasos descritos en el apartado *Dimensionado del sistema solar FV*.

5.1. Dimensionado de baterías

A continuación, se muestra las características de las baterías empleadas en cada uno de los sistemas a instalar.

Profundidad descarga máxima	75%
Días de autonomía	4
Rendimiento inversor	95%
Rendimiento acumulador – regulador	85%

Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros
Capacidad mínima necesaria	1.375 Ah	374 Ah	2.231 Ah	5.053 Ah
Capacidad de las baterías empleadas	200 Ah			
Número de baterías necesarias	7	2	12	26

Opción 2. Propuesta planteada por el alumno						
	Sistema 1. Almacén + Cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombas 1&2	Sistema 4. Bomba 3	Sistema 5. Bomba 4	Sistema 6. Otros
Capacidad mínima necesaria	2.670 Ah	1.874 Ah	449 Ah	228 Ah	228 Ah	4.804 Ah
Capacidad de las baterías empleadas	200 Ah					
Número de baterías necesarias	14	10	3	2	2	25

5.2. Dimensionado del regulador de carga

Seguidamente se presentan las características de los reguladores de carga empleados en cada sistema.

Corriente cortocircuito paneles solares FV	9,3 A
Coeficiente de seguridad	25%

Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros
Número de paneles solares empleados	12	4	19	42
Corriente mínima del regulador	140 A	47 A	221 A	488 A
Corriente de reguladores empleados	70 A	70 A	100 A	100 A
Número de reguladores necesarios	2	1	3	5

Opción 2. Propuesta planteada por el alumno						
	Sistema 1. Almacén + Cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombas 1&2	Sistema 4. Bomba 3	Sistema 5. Bomba 4	Sistema 6. Otros
Número de paneles solares empleados	23	16	4	2	2	40
Corriente mínima del regulador	267 A	186 A	47 A	23 A	23 A	465 A
Corriente de reguladores empleados	100 A	70 A	70 A	35 A	35 A	100 A
Número de reguladores necesarios	3	3	1	1	1	5

5.3. Dimensionado del inversor

A continuación, se muestran las características de los inversores a emplear para cada sistema para las dos alternativas planteadas.

Tensión nominal del sistema	12 V
Corriente cortocircuito paneles solares FV	9,3 A
Coeficiente de seguridad	25%

Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros
Número de paneles solares empleados	12	4	19	42
Potencia mínima de los inversores	1.674 W	558 W	2.651 W	5.859 W

Potencia de los inversores utilizados	1 kVA	1 kVA	3,5 kVA	3,5 kVA
Número de inversores necesarios	2	1	1	2

Opción 2. Propuesta planteada por el alumno						
	Sistema 1. Almacén + Cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombas 1&2	Sistema 4. Bomba 3	Sistema 5. Bomba 4	Sistema 6. Otros
Número de paneles solares empleados	23	16	4	2	2	40
Potencia mínima de los inversores	3.208,5 W	2.232 W	558 W	279 W	279 W	5.580 W
Potencia de los inversores utilizados	3,5 kVA	3,5 kVA	1 kVA	0,5 Kva	0,5 kVA	3,5 kVA
Número de inversores necesarios	1	1	1	1	1	2

5.4. Cableado

Para la elección y dimensionado del cableado de conexión de los distintos equipos se seguirán las pautas explicadas en el apartado *Dimensionado del sistema solar FV*. Para facilitar el conexionado de los distintos equipos se han distinguido una serie de tramos.

A continuación, se muestran las características del cableado de conexión empleado para los tramos I, II y III.

Conductor	Cobre
Aislamiento	PVC
Conductividad	56 m/($\Omega \cdot \text{mm}^2$)
Método de instalación	B1

Tramo I. Baterías - Regulador de Carga									
	Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				Opción 2. Propuesta planteada por el alumno				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares*	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros	Sistema 1. Almacén y cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombeo de agua 1&2	Sistema 4. Bombeo de agua 3-4**	Sistema 5. Otros
Número de paneles solares empleados	12	4	19	42	23	16	4	2	40

Número de inversores	2	1	1	2	1	1	1	1	2
Corriente máxima de circulación/inversor	69,8 A	46,5 A	220,9 A	244,1 A	267,4 A	186,0 A	46,5 A	23,3 A	232,5 A
Sección a emplear [mm ²]	25	16	50	70	70	35	16	4	50
Intensidad máxima admisible	77 A	59 A	117 A	149 A	149 A	96 A	59 A	24 A	117 A
Número de conductores	1	1	2	2	2	2	1	1	2
Longitud máxima	1,2 m	1,2 m	0,8 m	1,0 m	0,9 m	0,6 m	1,2 m	0,6 m	0,7 m

*Para cada casa familiar. Un total de 5 viviendas

**Sistema idéntico para bombeo 3 y bombeo 4

Tramo II. Módulos solares FV - Reguladores de carga									
	Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				Opción 2. Propuesta planteada por el alumno				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares*	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros	Sistema 1. Almacén y cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombeo de agua 1&2	Sistema 4. Bombeo de agua 3-4**	Sistema 5. Otros
Nº de paneles solares empleados	12	4	19	42	23	16	4	2	40
Nº de reguladores	2	1	3	5	3	3	1	1	5
Capacidad regulador	70 A	70 A	100 A	100 A	100 A	70 A	70 A	35 A	100 A
I _{MÁX} de circulación/regulador	69,8 A	46,5 A	73,6 A	97,7 A	89,1 A	62,0 A	46,5 A	23,3 A	93,0 A
Sección a emplear [mm ²]	25	16	25	50	35	25	16	4	35
I _{MÁX,ADM}	77 A	59 A	77 A	117 A	96 A	77 A	59 A	24 A	96 A
Nº de conductores	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Longitud máxima	3,6 m	3,5 m	3,4 m	5,2 m	4,0 m	4,1 m	3,5 m	1,7 m	3,8 m

*Para cada casa familiar. Un total de 5 viviendas

**Sistema idéntico para bombeo 3 y bombeo 4

Tramo III. Baterías - inversores									
	Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita				Opción 2. Propuesta planteada por el alumno				
	Sistema 1. Casa de jesuitas	Sistema 2. Casas familiares*	Sistema 3. Cocina	Sistema 4. Otros	Sistema 1. Almacén y cocinas	Sistema 2. Casas familiares	Sistema 3. Bombeo de agua 1&2	Sistema 4. Bombeo de agua 3-4**	Sistema 5. Otros
Nº de paneles solares empleados	12	4	19	42	23	16	4	2	40
Número de inversores	2	1	1	2	1	1	1	1	2

Corriente máxima de circulación/inversor	69,8 A	46,5 A	220,9 A	244,1 A	267,4 A	186,0 A	46,5 A	23,3 A	232,5 A
Sección a emplear [mm ²]	25	16	50	70	70	35	16	4	50
Intensidad máxima admisible	77 A	59 A	117 A	149 A	149 A	96 A	59 A	24 A	117 A
Nº de conductores	1	1	2	2	2	2	1	1	2
Longitud máxima	3,6 m	3,5 m	2,3 m	2,9 m	2,6 m	1,9 m	3,5 m	1,7 m	2,2 m

*Para cada casa familiar. Un total de 5 viviendas

**Sistema idéntico para bombeo 3 y bombeo 4

Caída de tensión	3,8 V
Conductor	Aluminio
Conductividad	36 m/(Ω·mm²)
Sección mínima [mm ²]	16
Factor de seguridad	25%
Factor de simultaneidad	60%
Factor de utilización	50%

Tramo IV. Inversores - CGPM										
Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita					Opción 2. Propuesta planteada por el alumno					
	1. Casa de jesuitas	2. Casas familiares*	3. Cocina	4. Otros	1. Almacén y cocinas	2. Casas familiares	3. Bombeo de agua 1&2	4		5. Otros
								Bombeo 3	Bombeo 4	
Potencia instalada	2.292 W	290 W	5.876 W	5.793 W	6.092 W	1.452 W	216 W	108 W	108 W	7.602 W
P _{CORREGIDA}	860 W	109 W	2.204 W	2.172 W	2.285 W	545 W	81 W	41 W	41 W	2.851 W
Corriente de circulación	72 A	9 A	184 A	181 A	190 A	45 A	7 A	3 A	3 A	238 A
Distancia Inversor - CGPM	7 m	7 m	7 m	60 m	10 m	7 m	330 m	155 m	300 m	60 m
Sección mínima [mm ²]	16	16	19	159	28	16	33	16	16	208
Sección a emplear [mm ²]	16	16	25	185	35	16	35	16	16	240

*Para cada casa familiar. Un total de 5 viviendas

	(Opción 1) Sistema 4. Otros					
	Internado	Almacén	Habitaciones profesores/as	Bombeo 1&2	Bombeo 3	Bombeo 4
Potencia instalada	2.160 W	216 W	1.586 W	216 W	108 W	108 W
P _{CORREGIDA}	810 W	81 W	595 W	81 W	41 W	41 W
Corriente de circulación	67,5 A	6,8 A	49,6 A	6,8 A	3,4 A	3,4 A
Distancia CGPM - Cargas	190 m	230 m	205 m	330 m	155 m	300 m
Sección mínima a emplear [mm ²]	188	23	149	33	16	16

Sección a emplear [mm ²]	240	25	150	35	16	16
--------------------------------------	-----	----	-----	----	----	----

(Opción 2)				
Sistema 1.	Sistema 4. Otros consumos			
Almacén	Casa de Jesuitas	Internado	Habitaciones profesores/as	
Potencia instalada	223 W	2.292 W	2.160 W	1.586 W
P _{CORREGIDA}	84 W	860 W	810 W	595 W
Corriente de circulación	7 A	72 A	68 A	50 A
Distancia CGPM - Cargas	105 m	295 m	240 m	205 m
Sección mínima a emplear [mm ²]	16	309	237	149
Sección a emplear [mm ²]	16	400	240	150

Tramo V. Grupos electrógenos - CGPM										
Opción 1. Propuesta planteada por la Comunidad Jesuita					Opción 2. Propuesta planteada por el alumno					
	1. Casa de jesuitas	2. Casas familiares*	3. Cocina	4. Otros	1. Almacén y cocinas	2. Casas familiares	3. Bombeo 1&2	4		5. Otros
								Bombeo 3	Bombeo 4	
Potencia instalada	2.292 W	290 W	5.876 W	5.793 W	6.092 W	1.452 W	216 W	108 W	108 W	7.602 W
P _{CORREGIDA}	860 W	109 W	2.204 W	2.172 W	2.285 W	545 W	81 W	41 W	41 W	2.851 W
Corriente de circulación	72 A	9 A	184 A	181 A	190 A	45 A	7 A	3 A	3 A	238 A
Distancia CGPM - Grupos diésel	115 m	240 m	115 m	233 m	110 m	240 m	80 m	130 m	70 m	230 m
Sección mínima [mm ²]	120	32	309	617	306	159	16	16	16	799
Sección a emplear [mm ²]	120	35	400	400	400	185	16	16	16	400

*Para cada casa familiar. Un total de 5 viviendas

6. Peso de conductores

Opción 1. Alternativa planteada por la comunidad jesuita

COBRE			
Sección [mm ²]	Longitud [m]	kg/m	Peso [kg]
4	0	0,037	0,000
6	0	0,055	0,000
10	0	0,086	0,000
16	41	0,142	5,806
25	13,8	0,220	3,036
35	0	0,295	0,000
50	11,4	0,447	5,094
70	10,6	0,630	6,678

95	0	0,885	0,000
120	0	1,110	0,000

ALUMINIO			
Sección [mm ²]	Longitud [m]	kg/m	Peso [kg]
16	497	0,099	49,263
25	238	0,154	36,669
35	1530	0,206	315,838
50	0	0,313	0,000
70	0	0,441	0,000
95	0	0,619	0,000
120	115	0,777	89,339
150	205	0,862	176,772
185	60	1,123	67,380
240	210	1,386	291,06
300	0	1,598	0,000
400	466	1,884	878,000

PESO TOTAL [kg]	1924,94
----------------------------	----------------

Opción 2. Alternativa planteada por el alumno

COBRE			
Sección [mm ²]	Longitud [m]	kg/m	Peso [kg]
4	8	0,037	0,295
6	0	0,055	0,000
10	0	0,086	0,000
16	8,2	0,142	1,161
25	4,1	0,220	0,902
35	12,8	0,295	3,775
50	5,8	0,447	2,591
70	7	0,630	4,411
95	0	0,885	0,000
120	0	1,110	0,000

ALUMINIO			
Sección [mm ²]	Longitud [m]	kg/m	Peso [kg]
16	847	0,099	83,955
25	0	0,154	0,000
35	340	0,206	70,186
50	0	0,313	0,000
70	0	0,441	0,000
95	0	0,619	0,000

120	0	0,777	0,000
150	190	0,862	163,780
185	220	1,123	247,060
240	290	1,386	401,94
300	0	1,598	0,000
400	655	1,884	1234,02

PESO TOTAL [kg]	1851,88
----------------------------	----------------

7. Tarifa de transporte

A continuación, se indica la provincia correspondiente a cada una de las zonas que distingue la compañía transportista para el traslado de mercancías desde Maputo.

Zona	Provincia
1	Maputo (ciudad)
2	Maputo
3	Gaza
4	Inhambane
5	Manica
6	Sofala
7	Zambezia
8	Tete
9	Nampula
10	Niassa
11	Cabo delgado

Tabla 46. Zonas de transporte desde Maputo según la provincia. Fuente: *Moçambique Express*

Opción A. Transporte terrestre desde Maputo. Moçambique Express											
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11
10 kg	16,70 €	18,37 €	20,21 €	22,23 €	24,45 €	26,90 €	29,59 €	32,54 €	35,80 €	39,38 €	43,32 €
50 kg	19,79 €	21,77 €	23,95 €	26,34 €	28,97 €	31,87 €	35,06 €	38,57 €	42,42 €	46,66 €	51,33 €
100 kg	24,74 €	27,21 €	29,94 €	32,93 €	36,22 €	39,84 €	43,83 €	48,21 €	53,03 €	58,34 €	64,17 €
150 kg	30,52 €	33,57 €	36,93 €	40,62 €	44,68 €	49,15 €	54,07 €	59,47 €	65,42 €	71,96 €	79,16 €
200 kg	32,27 €	35,50 €	39,05 €	42,95 €	47,25 €	51,97 €	57,17 €	62,89 €	69,17 €	76,09 €	83,70 €
250 kg	33,20 €	36,52 €	40,17 €	44,19 €	48,61 €	53,47 €	58,82 €	64,70 €	71,17 €	78,28 €	86,11 €
300 kg	43,14 €	47,45 €	52,20 €	57,42 €	63,16 €	69,48 €	76,43 €	84,07 €	92,47 €	101,72 €	111,89 €
350 kg	44,04 €	48,44 €	53,29 €	58,62 €	64,48 €	70,93 €	78,02 €	85,82 €	94,40 €	103,84 €	114,23 €
400 kg	44,60 €	49,06 €	53,97 €	59,36 €	65,30 €	71,83 €	79,01 €	86,91 €	95,60 €	105,16 €	115,68 €
450 kg	45,86 €	50,45 €	55,49 €	61,04 €	67,14 €	73,86 €	81,24 €	89,37 €	98,30 €	108,14 €	118,95 €
500 kg	46,76 €	51,44 €	56,58 €	62,24 €	68,46 €	75,31 €	82,84 €	91,12 €	100,23 €	110,26 €	121,28 €
600 kg	73,52 €	80,87 €	88,96 €	97,86 €	107,64 €	118,40 €	130,25 €	143,27 €	157,60 €	173,36 €	190,69 €
700 kg	76,90 €	84,59 €	93,05 €	102,35 €	112,59 €	123,85 €	136,23 €	149,86 €	164,84 €	181,33 €	199,46 €

800 kg	83,64 €	92,00 €	101,20 €	111,32 €	122,46 €	134,70 €	148,17 €	162,99 €	179,29 €	197,22 €	216,94 €
900 kg	85,60 €	94,16 €	103,58 €	113,93 €	125,33 €	137,86 €	151,65 €	166,81 €	183,49 €	201,84 €	222,02 €
1.000 kg	87,18 €	95,90 €	105,49 €	116,04 €	127,64 €	140,40 €	154,44 €	169,89 €	186,88 €	205,57 €	226,12 €
2.000 kg	159,00 €	174,90 €	192,39 €	211,63 €	232,79 €	256,07 €	281,68 €	309,85 €	340,83 €	374,91 €	412,41 €
3.000 kg	234,20 €	257,62 €	283,38 €	311,72 €	342,89 €	377,18 €	414,90 €	456,39 €	502,03 €	552,23 €	607,45 €
4.000 kg	237,20 €	260,92 €	287,01 €	315,71 €	347,28 €	382,01 €	420,21 €	462,24 €	508,46 €	559,31 €	615,24 €
5.000 kg	296,50 €	326,15 €	358,77 €	394,64 €	434,11 €	477,52 €	525,27 €	577,79 €	635,57 €	699,13 €	769,04 €
6.000 kg	355,80 €	391,38 €	430,52 €	473,57 €	520,93 €	573,02 €	630,32 €	693,35 €	762,69 €	838,96 €	922,85 €
7.000 kg	415,10 €	456,61 €	502,27 €	552,50 €	607,75 €	668,52 €	735,37 €	808,91 €	889,80 €	978,78 €	1.076,66 €
8.000 kg	474,40 €	521,84 €	574,02 €	631,43 €	694,57 €	764,03 €	840,43 €	924,47 €	1.016,92 €	1.118,61 €	1.230,47 €

Tabla 47. Precio del transporte de mercancías según la zona del país. Fuente: *Moçambique Express*

A continuación, se indica las provincias asociadas a cada una de las zonas para el envío de mercancías desde Lilongwe.

Zona	Provincia
1	Tete
2	Sofala
3	Niassa
4	Manica
5	Zambezia
6	Cabo delgado
7	Nampula
8	Inhambane
9	Gaza
10	Maputo
11	Maputo (ciudad)

Tabla 48. Zonas de transporte desde Lilongwe según la provincia. Fuente: *Moçambique Express*

Opción B. Transporte terrestre desde Lilongwe. <i>Moçambique Express</i>											
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7	Zona 8	Zona 9	Zona 10	Zona 11
10 kg	15,40 €	16,94 €	18,63 €	20,50 €	22,55 €	24,80 €	27,28 €	30,01 €	33,01 €	36,31 €	39,94 €
50 kg	16,74 €	18,41 €	20,26 €	22,28 €	24,51 €	26,96 €	29,66 €	32,62 €	35,88 €	39,47 €	43,42 €
100 kg	22,30 €	24,53 €	26,98 €	29,68 €	32,65 €	35,91 €	39,51 €	43,46 €	47,80 €	52,58 €	57,84 €
150 kg	29,50 €	32,45 €	35,70 €	39,26 €	43,19 €	47,51 €	52,26 €	57,49 €	63,24 €	69,56 €	76,52 €
200 kg	31,16 €	34,28 €	37,70 €	41,47 €	45,62 €	50,18 €	55,20 €	60,72 €	66,79 €	73,47 €	80,82 €
250 kg	32,90 €	36,19 €	39,81 €	43,79 €	48,17 €	52,99 €	58,28 €	64,11 €	70,52 €	77,58 €	85,33 €
300 kg	38,74 €	42,61 €	46,88 €	51,56 €	56,72 €	62,39 €	68,63 €	75,49 €	83,04 €	91,35 €	100,48 €
350 kg	43,02 €	47,32 €	52,05 €	57,26 €	62,99 €	69,28 €	76,21 €	83,83 €	92,22 €	101,44 €	111,58 €
400 kg	44,59 €	49,05 €	53,95 €	59,35 €	65,28 €	71,81 €	78,99 €	86,89 €	95,58 €	105,14 €	115,65 €
450 kg	46,76 €	51,44 €	56,58 €	62,24 €	68,46 €	75,31 €	82,84 €	91,12 €	100,23 €	110,26 €	121,28 €
500 kg	49,21 €	54,13 €	59,54 €	65,50 €	72,05 €	79,25 €	87,18 €	95,90 €	105,49 €	116,03 €	127,64 €
600 kg	72,33 €	79,56 €	87,52 €	96,27 €	105,90 €	116,49 €	128,14 €	140,95 €	155,05 €	170,55 €	187,61 €
700 kg	75,90 €	83,49 €	91,84 €	101,02 €	111,13 €	122,24 €	134,46 €	147,91 €	162,70 €	178,97 €	196,87 €
800 kg	82,94 €	91,23 €	100,36 €	110,39 €	121,43 €	133,58 €	146,93 €	161,63 €	177,79 €	195,57 €	215,12 €
900 kg	54,89 €	60,38 €	66,42 €	73,06 €	80,36 €	88,40 €	97,24 €	106,97 €	117,66 €	129,43 €	142,37 €

1.000 kg	86,13 €	94,74 €	104,22 €	114,64 €	126,10 €	138,71 €	152,58 €	167,84 €	184,63 €	203,09 €	223,40 €
2.000 kg	160,20 €	176,22 €	193,84 €	213,23 €	234,55 €	258,00 €	283,80 €	312,18 €	343,40 €	377,74 €	415,52 €
3.000 kg	235,40 €	258,94 €	284,83 €	313,32 €	344,65 €	379,11 €	417,03 €	458,73 €	504,60 €	555,06 €	610,57 €
4.000 kg	238,00 €	261,80 €	287,98 €	316,78 €	348,46 €	383,30 €	421,63 €	463,79 €	510,17 €	561,19 €	617,31 €
5.000 kg	297,50 €	327,25 €	359,98 €	395,97 €	435,57 €	479,13 €	527,04 €	579,74 €	637,72 €	701,49 €	771,64 €
6.000 kg	357,00 €	392,70 €	431,97 €	475,17 €	522,68 €	574,95 €	632,45 €	695,69 €	765,26 €	841,79 €	925,97 €
7.000 kg	416,50 €	458,15 €	503,97 €	554,36 €	609,80 €	670,78 €	737,86 €	811,64 €	892,80 €	982,09 €	1.080,29 €
8.000 kg	476,00 €	523,60 €	575,96 €	633,56 €	696,91 €	766,60 €	843,26 €	927,59 €	1.020,35 €	1.122,38 €	1.234,62 €

Tabla 49. Precio del transporte de mercancías según la zona del país. Fuente: *Moçambique Express*

Índice de tablas

Tabla 1. Perfil energético de Mozambique. Fuente: <i>AIE 2017; EDM 2015; GTF 2017; Roche e Silva 2017</i>	29
Tabla 2. Principales interconexiones eléctricas de Mozambique. Fuente: <i>SAPP (Annual Report 2015)</i>	32
Tabla 3. Generación con fuentes renovables en Mozambique. Fuente: <i>FUNAE, 2015</i>	32
Tabla 4. Situación actual de generación hidroeléctrica en Mozambique. Fuente: <i>elaboración propia</i>	34
Tabla 5. Comparación de las tecnologías de paneles fotovoltaicos. Fuente: <i>elaboración propia</i>	41
Tabla 6. Medidas de los edificios de ESIL. Fuente: <i>elaboración propia</i>	60
Tabla 7. Características del sistema solar FV	62
Tabla 8. Principales características de los grupos electrógenos	64
Tabla 9. Características de los sistemas de bombeo. Fuente: <i>elaboración propia</i>	66
Tabla 10. Altura de los distintos puntos de bombeo de agua. Fuente: <i>elaboración propia</i>	66
Tabla 11. Consumo actual medio de ESIL. Fuente: <i>elaboración propia</i>	68
Tabla 12. Estado actual del abastecimiento eléctrico. Fuente: <i>elaboración propia</i>	69
Tabla 13. Distribución de generación actual. Fuente: <i>elaboración propia</i>	69
Tabla 14. Distribución de la potencia instalada actual	70
Tabla 15. Consumos de la situación mejorada. Fuente: <i>elaboración propia</i>	72
Tabla 16. Porcentaje de potencia abastecido por cada sistema para la situación mejorada. Fuente: <i>elaboración propia</i>	73
Tabla 17. Comparativa entre situación actual y mejorada. Fuente: <i>elaboración propia</i>	73
Tabla 18. Costes de operación de grupos diésel para la situación actual y mejorada	75
Tabla 19. Consumo futuro medio de ESIL. Fuente: <i>elaboración propia</i>	76
Tabla 20. Irradiación media mensual (kWh/m ² día). Fuente: <i>WEER</i>	78
Tabla 21. Factor de corrección <i>K</i> para la situación de la escuela. Fuente: <i>Clean Energy Solar</i>	79
Tabla 22. Valores empleados para la obtención de la HSP	80
Tabla 23. Valores empleados para la obtención del <i>Performance Ratio</i>	82
Tabla 24. Caídas de tensión máxima admisibles según el tramo de cableado	85
Tabla 25. Localización y distancias de las CGPM para cada una de las instalaciones y opciones planteadas	89
Tabla 26. Cantidad de cableado necesario para la instalación. Fuente: <i>elaboración propia</i>	90
Tabla 27. Sistema de generación para la casa de jesuitas	93
Tabla 28. Sistema de generación para cada una de las casas familiares	95
Tabla 29. Sistema de generación para el edificio de cocinas	95
Tabla 30. Sistema de generación para el resto de consumos	96
Tabla 31. Número de elementos a emplear en la alternativa 1	97
Tabla 32. Sistema de generación para el almacén y cocinas	98
Tabla 33. Sistema de generación para las cinco casas familiares	99
Tabla 34. Elementos para la electrificación de sistema de bombeo	99
Tabla 35. Sistema de generación para el resto de consumos	100
Tabla 36. Operaciones de mantenimiento y periodicidad de instalaciones aisladas de la red. Fuente: <i>Instalaciones Solares Fotovoltaicas, McGraw Hill 2010</i>	106
Tabla 37. Demanda cubierta por cada sistema de generación	107

Tabla 38. Gasto mensual en combustible para cada una de las opciones. Fuente: <i>elaboración propia</i>	108
Tabla 39. Alternativas para el transporte de los equipos del sistema. Fuente: <i>elaboración propia</i>	109
Tabla 40. Peso de los distintos equipos del sistema	110
Tabla 41. Tarifa de transporte Maputo – ESIL	110
Tabla 42. Tarifa de transporte Lilongwe - ESIL	111
Tabla 43. <i>Cash flow</i> del proyecto asociado a la opción planteada por la Comunidad Jesuita	113
Tabla 44. <i>Cash flow</i> del proyecto asociado a la opción planteada por el alumno	114
Tabla 45. Factor de corrección <i>K</i> para 14° de latitud	146
Tabla 46. Zonas de transporte desde Maputo según la provincia. Fuente: <i>Moçambique Express</i>	155
Tabla 47. Precio del transporte de mercancías según la zona del país. Fuente: <i>Moçambique Express</i>	156
Tabla 48. Zonas de transporte desde Lilongwe según la provincia. Fuente: <i>Moçambique Express</i>	156
Tabla 49. Precio del transporte de mercancías según la zona del país. Fuente: <i>Moçambique Express</i>	157

Índice de figuras

Ilustración 1. Mapa político - administrativo de la República de Mozambique. Fuente: <i>Google Images</i>	23
Ilustración 2. Bandera de la República de Mozambique. Fuente: <i>Google Images</i>	24
Ilustración 3. Estadio Nacional de Zimpeto. Fuente: <i>Google Images</i>	27
Ilustración 4. Central hidroeléctrica de Cahorra Bassa. Fuente: <i>HCB</i>	27
Ilustración 5. El rey Juan Carlos saluda al anterior presidente de Mozambique, Armando Guebuza, durante su visita a España en 2010. Fuente: <i>Ministerio de Asuntos Exteriores</i>	28
Ilustración 6. Producción de energía primaria en Mozambique. Fuente: <i>IEA, 2017</i>	30
Ilustración 7. Porcentaje total de energía primaria por fuente. Fuente: <i>IEA, 2017</i>	30
Ilustración 8. Mina de carbón de Moatize. Fuente: <i>Google Images</i>	33
Ilustración 9. Población mundial sin electricidad, en millones. Fuente: <i>OECD/IEA</i>	36
Ilustración 10. Sistemas híbridos de generación en microrredes. Fuente: <i>WPA</i>	39
Ilustración 11. Sistema solar FV con salida en CA. Fuente: <i>Victron Energy</i>	40
Ilustración 12. Sistema solar FV con salida en CC. Fuente: <i>Victron Energy</i>	40
Ilustración 13. Relación entre la deformación de los árboles y la velocidad del viento. Fuente: <i>Esf44</i>	
Ilustración 14. Turbina eólica de uso doméstico. Fuente: <i>Google Images</i>	45
Ilustración 15. Biodigestor de estructura flexible empleado en una zona rural. Fuente: <i>Google images</i>	49
Ilustración 16. Localización de la escuela. Fuente: <i>Google Maps</i>	52
Ilustración 17. Monte Nsaladzi. Imagen tomada desde la escuela. Fuente: <i>elaboración propia</i>	53
Ilustración 18. Logo de ESIL. Fuente: <i>elaboración propia</i>	54
Ilustración 19. Situación de los edificios de ESIL. Fuente: <i>elaboración propia</i>	56
Ilustración 20. Elementos del sistema solar FV. Arriba izq: reguladores de carga; arriba drch: paneles solares FV; debajo izq: inversores; debajo drch: baterías. Fuente: <i>elaboración propia</i>	61
Ilustración 21. Grupos electrógenos diésel. Izquierda: GE 48kW. Derecha: GE 40kW. Fuente: <i>elaboración propia</i>	62
Ilustración 22. Grupo electrógeno a gasolina. Fuente: <i>elaboración propia</i>	63
Ilustración 23. Izq: motor eléctrico de bombeo de agua. Drch: bomba sumergible. Fuente: <i>elaboración propia</i>	64
Ilustración 24. Esquema de Situación de los sistemas de bombeo de agua. Fuente: <i>elaboración propia</i>	65
Ilustración 25. Curva Consumo - Potencia del grupo electrógeno diésel 1 (arriba) y 2 (abajo)	74
Ilustración 26. Conexión batería - regulador de carga. Fuente: <i>elaboración propia</i>	86
Ilustración 27. Conexión paneles - regulador de carga. Fuente: <i>elaboración propia</i>	87
Ilustración 28. Conexión batería - inversor. Fuente: <i>elaboración propia</i>	88

Agradecimientos

Este trabajo de fin de máster no hubiese sido posible sin la ayuda y colaboración de muchas personas

En primer lugar, gracias a la Comunidad Jesuita de Mozambique, por acogernos y cuidarnos como a uno más durante nuestra estancia en ESIL, en especial a *Mequias Domingos* y *Narciso Bello*, por su simpatía, amabilidad y amistad que sin duda perdurará en el tiempo.

Agradecer enormemente la ayuda de la Embajada española en Mozambique, en especial al equipo consular, por su paciencia y asesoramiento.

A *Ramiro Viñuales* y *Yolanda González*, por su asesoramiento, colaboración y ánimos antes, durante y tras el proyecto.

Al departamento de *Prácticas Internacionales* de la universidad, especialmente a *María* y *Paloma*, por su preocupación en todos esos momentos difíciles.

Agradecer también a *Álvaro de Miguel* por su ayuda y paciencia.

Y sobre todo gracias a los estudiantes y personas que dan vida a la ESIL, por hacernos que nuestro día a día fuese siempre más ameno y por regalarnos en todo momento una sonrisa a pesar de las circunstancias.

Bibliografía

- [1] *Historia de Mozambique*, Lonely Planet
- [2] IEA. International Agency, *Key stats for Mozambique 1990-2016*
- [3] *Mozambique. República de Mozambique*, Oficina de información diplomática, Ministerio de asuntos exteriores y cooperación, Gobierno de España. Año 2015
- [4] *Mozambique. Ni guerra ni paz*, Blanca Palacián de Inza. Junio 2016
- [5] KAISER, Daniel y RANTALA, Janne. Op. Cit.
- [6] Grupo Banco Mundial
- [7] *Mejora el PIB de Mozambique*, Expansión, Datos macro
- [8] *Renewable Energy Atlas*
- [9] FUNAE, 2015; FAO, 2015
- [10] FUNAE – ATLAS, 2013
- [11] *Integrated Resource Plan for Electricity 2010-2030*, South African Department of Energy. Johannesburgo, May 2011
- [12] *La electrificación de África: del desafío continental a la oportunidad para los pueblos*, Terri Hathaway
- [13] FAO. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- [14] *Beneficios sociales de la electrificación rural. Metodologías y estimaciones*, Universidad del Pacífico. R. Urrunaga, José L. Bonifaz, J. Aguirre, G. Aragón, O. Jarra.
- [15] *La pobreza energética y sus implicaciones*, Basque Centre for Climate Change, Mikel González-Eguino. Noviembre 2014
- [16] *Fuentes generadoras de electricidad en microrredes*, Energía Sin Fronteras. Agosto 2014
- [17] *Microrred aislada para una comunidad pesquera de Baja California, México*, Rodrigo Cota, Edgar G. San Pedro, Nicolás Velázquez, J. A. Aguilar-Jiménez. Octubre 2016
- [18] *Sistema de generación solar fotovoltaico de uso doméstico conectado a la red de distribución eléctrica*, Álvaro Manrique Ortiz, Universidad Pontificia Comillas. Julio 2017
- [19] *Energía eólica práctica*, Paul Gipe, Ed. Promotora General de Estudios. 2008
- [20] *Estudio sobre las microrredes y su aplicación a proyectos de electrificación de zonas rurales*, Energía Sin Fronteras. Agosto 2014
- [21] *Fuentes generadoras de electricidad en las microrredes. Microhidráulica*, Energía Sin Fronteras. Agosto 2014

- [22] *Micro-Central Vernis: energía hidráulica producida en casa*, José Luis Lorenzo Escuín. Octubre 2011
- [23] Diccionario de la Real Academia Española
- [24] *Energías renovables para todos. Biomasa*, Jesús Fernández
- [25] *Generación de energía solar fotovoltaica*, Nuevas Energías, Lluís Jutglar, 2012
- [26] *Optimización de recursos energéticos en zonas aisladas mediante estrategias de suministro y consumo*, Tesis doctoral, D. Yecid Alfonso Muñoz, Valencia, marzo 2012