



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN COLEGIO EN
CHAD

Autor: Pablo Merino Gil

Director: Antonio José Huertas Moreno

Madrid

Julio de 2020

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

..INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN COLEGIO EN CHAD.....

.....

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico ..2019-2020.... es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Pablo Merino Gil

Fecha: 09../07../2020

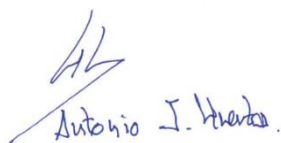


Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Antonio José Huertas Moreno

Fecha: 09../07../2020





MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN COLEGIO EN
CHAD

Autor: Pablo Merino Gil

Director: Antonio José Huertas Moreno

Madrid

Julio de 2020

INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN UN CENTRO ESCOLAR EN CHAD

Autor: Merino Gil, Pablo

Director: Huertas, Antonio

Entidad Colaboradora: Fundación de Ingenieros ICAI

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Este proyecto se ha realizado de la mano de la Fundación de Ingenieros de ICAI. Su misión consiste en conseguir que las personas más desfavorecidas alcancen unas condiciones de vida dignas, facilitando que la comunidad ICAI y las empresas relacionadas pongan al servicio de las mismas su conocimiento y sus recursos. En este marco, surge la oportunidad de realizar este proyecto consistente en el diseño de la instalación eléctrica del Colegio Jesuita San Francisco Javier localizado en la localidad de Toukra, Chad, África.

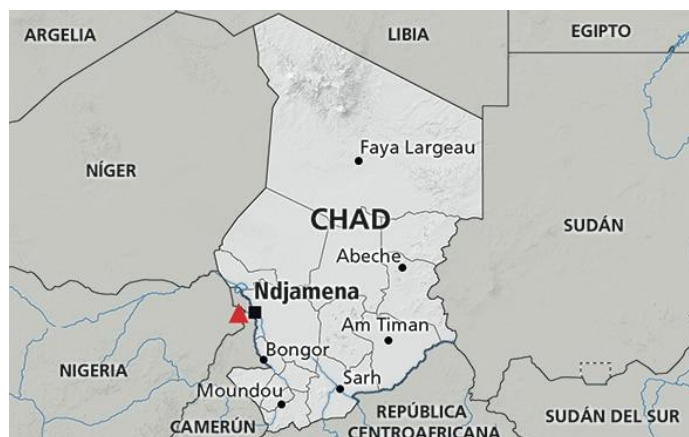


Ilustración 1: Mapa político de la República del Chad.

La República del Chad es un país centroafricano de una extensión de 1,284,000 km² y una población que ronda los 15 millones de personas. Su capital es Njamena, donde viven alrededor de un millón de personas y se sitúa a unos 120 km del lago Chad, el cual pone nombre al país y constituye la segunda reserva de agua más amplia de África.

En este país los idiomas oficiales son el francés y el árabe. Por otra parte, las religiones mayoritarias son el cristianismo y el islam. Chad fue colonia francesa durante cuarenta años hasta que consiguió la independencia en el año 1960. Cinco años después, se inició una guerra civil que duraría hasta el final de la década de los 80. A esta guerra, le sucedió una dictadura que duraría una década. Finalmente, a causa del conflicto sucedido en Darfur, se produce una crisis de refugiados en Sudán que finalmente afectaría a Chad, país que declaró la guerra a Sudán en el año 2005.

Cada año, la Unión Europea publica el índice de desarrollo humano (IDH) de todos los países del mundo. Acorde con este índice, Chad se sitúa como el quinto país más pobre del mundo con una renta per cápita de 728,34 dólares en 2008. La moneda del país es el

Franco de la comunidad financiera africana o Franco CFA. La actividad económica se concentra en el sector primario ya que se sustenta en la agricultura y ganadería. Además, Chad es un país que históricamente ha exportado algodón, aunque en la actualidad, casi el 60 % de las exportaciones corresponden al petróleo debido a la abundancia de esta materia prima en los yacimientos situados al sur del país.

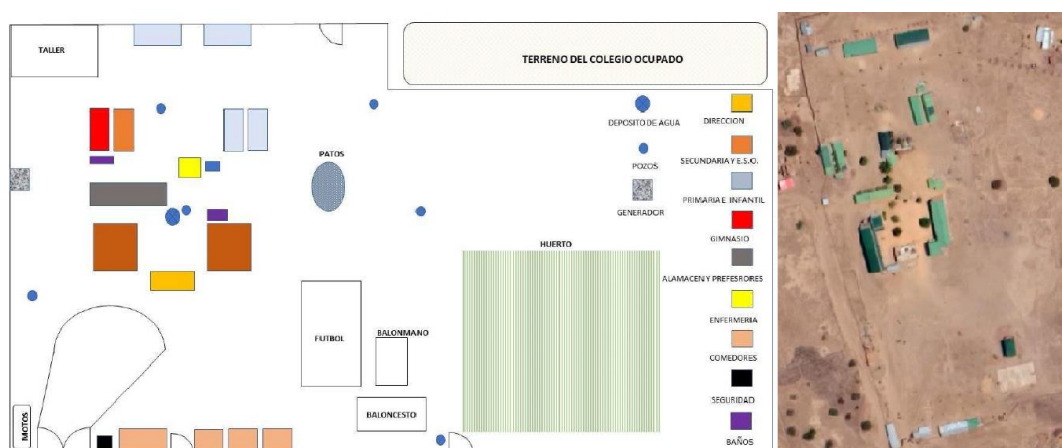
Basándose en el estudio demográfico realizado en 2018, la población chadiana crece a razón del 3,32% anualmente, con una esperanza media de vida de 57 años y con una tasa de mortalidad del 10%. La característica demográfica más sorprendente es la edad media de su población ya que el 65 % no sobrepasa los 25 años.

A pesar de que en Chad la educación primaria es obligatoria, solo el 68 % de los niños la reciben, siendo más de la mitad de la población analfabeta. La única universidad del país es la universidad de Yamena situada en su capital. Además, es conveniente destacar que Chad no posee Ministerio de Educación.

Situación actual del colegio

En 2015, el colegio San Francisco Javier contaba con 350 alumnos. Cuatro años más tarde y coincidiendo con el comienzo del trabajo de final de máster, se encontraban matriculados aproximadamente 1500 estudiantes. Sin embargo, el cambio de director del centro escolar ha hecho que esta cifra se reduzca a un cantidad inferior al millar de estudiantes.

Como se ha mencionado anteriormente, el colegio se encuentra en la localidad de Toukra, a unos 20 kilómetros de Djamena. Inicialmente, la población de esta región era menor a 3000 habitantes, pero la presencia del centro escolar ha animado a muchas familias a establecerse en las cercanías haciendo que la población se haya triplicado en pocos años.



En la siguiente ilustración se muestra la distribución de los edificios dentro del colegio.

Ilustración 2: Distribución de los edificios en el colegio San Francisco Javier.

El colegio ocupa una extensión de 7 hectáreas, según la información recibida, hay edificios que se han visto dañados por tormentas y también se encuentran otros inacabados a causa de la falta de recursos. En este aspecto, La Fundación Ramón Grosso se encuentra involucrada en la finalización de estos edificios y su reconstrucción. En este momento se está llevando a cabo la construcción de una biblioteca.

La Fundación Ramón Grosso lleva desde 2014 trabajando en el colegio, su objetivo desde un principio ha sido el desarrollo del colegio por medio de la financiación y organización de actividades sociodeportivas. Además, es importante resaltar que esta entidad ha colaborado con la Fundación del Real Madrid en algunos proyectos. Otra de las entidades que ha operado en el colegio es la Asociación Madrileña de Ayuda a la Infancia (AMAIF). Sin embargo, esta organización ha sufrido un ataque en su sede situada en Burkina Faso por lo que su actividad en el colegio ha quedado paralizada.

Una de las características principales de la región de Toukra es su abundancia de agua subterránea situada a una profundidad de 30 a 50 metros. Por esta razón el colegio cuenta con 5 pozos de presión manual de entre los cuales 2 están potenciados por una bomba eléctrica. Además, existe un depósito con un volumen de 2000 litros.

El centro está dotado con una pequeña instalación eléctrica compuesta por 6 placas solares de 50 W y un generador de gasoil. La fuente de generación es elegida a partir de un conmutador y las cargas que componen el sistema son una impresora, un par de ordenadores, ventiladores y las bombas eléctricas.

Objeto del proyecto

El objetivo principal de este proyecto radica en dar acceso a todos los estudiantes a la electricidad. La falta de este recurso afecta de manera directa a la educación recibida ya que hay muchas actividades que no se pueden llevar a cabo sin ella. Como ejemplos, cabe citar el uso de ordenadores, proyectores y otros aparatos electrónicos.

Por otro lado, la electrificación del colegio se encuentra directamente relacionada con el cuarto objetivo de desarrollo sostenible (ODS 4) de la Agenda 2030, el cual defiende la calidad de la educación. Este parámetro es fundamental para cualquier país ya que supone el camino hacia el desarrollo y el crecimiento socioeconómico de su población. Además, la calidad educativa está presente en el ADN de la orden de los jesuitas, por tanto, es lógico que en este proyecto se busque la excelencia en este ámbito.

Otro de los impactos más importantes del acceso a la electricidad es el aumento en la tasa de escolaridad. Este fenómeno se produce a raíz de que mucho niños no pueden asistir al colegio porque durante el día se encuentran trabajando o ayudando a sus familias. Por tanto, la disponibilidad de un horario escolar nocturno permitiría que más niños pudieran asistir al colegio mientras que al mismo tiempo, ayudaría a reducir las desigualdades. Por otro lado, uno de los factores que no debería pasar desapercibido es la importancia de iluminar el campo de fútbol sala, aunque a priori pudiese parecer innecesario, este hecho hace que la motivación de los niños por asistir al colegio crezca considerablemente.

La mejora de infraestructura que se busca realizar proveerá de iluminación las aulas, la enfermería, los despachos, las oficinas, los baños y el campo de fútbol. Para lograr este objetivo, es necesario el diseño de una instalación fotovoltaica compuesta por paneles solares, reguladores de tensión, baterías, inversor y otra aparamenta eléctrica en la cual se incluye el cableado y los sistemas de protección. Con esta solución se pretende sustituir el sistema eléctrico anterior para poder así poder así cumplir con unos criterios de calidad de educación que asegure la posibilidad de desarrollo para los niños.

Metodología

En primer lugar, para poder comprender el contexto del proyecto es necesario entender las necesidades principales que tiene el colegio. Con esto, lo que se pretende es la prevención del mayor número de problemas que puedan suponer impedimentos en el correcto futuro desarrollo del proyecto. Además, también cobrará importancia conocer los espacios del colegio debido a que una de las primeras decisiones del diseño será establecer la localización de los dispositivos de la instalación dentro del colegio.

Una vez se escoja la localización, se llevará a cabo un estudio lumínico para la elección de las luminarias que se utilizarán en el proyecto. En primer lugar, se realizará un enfoque más teórico con el método de los lúmenes y luego, se realizará un estudio lumínico con el programa informático DIALux.

El siguiente paso consistirá en realizar la previsión de cargas del sistema. Este cálculo consiste en la obtención del perfil de demanda en funcionamiento normal de la instalación. Para ello, será necesario estimar el consumo energético requerido por de los dispositivos y la iluminación.

La previsión de cargas consiste en el cálculo de la potencia requerida por la instalación en su funcionamiento normal teniendo en cuenta tanto el consumo energético por iluminación como el consumo del resto de dispositivos de la instalación. A partir del perfil de demanda diaria es posible calcular el número de paneles fotovoltaicos y de baterías para que el sistema pueda suministrar electricidad cuando no hay luz solar. Además, esta potencia calculada afectará en la elección del regulador de tensión y el inversor.

Tras haber elegido todos los dispositivos de generación y transformación de energía, se procede con el dimensionamiento del cableado y las protecciones por medio del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Además, también será necesario el diseño de la puesta a tierra para proteger a las personas frente a contactos indirectos.

Posteriormente, se imprimirán los planos unifilares de la instalación donde se recogerá la posición de los cuadros principales, secundarios y los dispositivos de protección como son los magnetotérmicos y los interruptores diferenciales. Para finalizar con el proceso del diseño de la instalación, se empleará el programa BlueSol para simular el comportamiento del sistema y comprobar que la elección de los componentes es coherente y cumple con los requisitos de generación y seguridad.

Finalmente, se llevará un estudio de los tipos de financiación no lucrativa tradicionales disponibles para poder financiar este proyecto como también otras vías de financiación no tradicionales. Igualmente, se investigará sobre las diferentes alternativas de logística que se contemplan para hacer llegar el material de la instalación hasta el colegio de San Francisco Javier.

Resultados

Los primeros resultados obtenidos en el proyecto desvelaron el tipo y el número de luminarias que eran necesarios en los diferentes espacios del colegio. Por razones de simplicidad y robustez se ha decidido elegir solamente un tipo de luminaria. El modelo

elegido es la lámpara lineal led “MIR LED” de la marca Glamox. Esta luminaria se distribuirá por los espacios del colegio como se recoge en la siguiente tabla.

Tabla 1: Potencia y distribución de las luminarias en la instalación.

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)	Potencia aparente(VA)
Aulas (x25)	6	35	5250	2542,69	5833,33
Enfermería	8	35	280	135,61	311,11
Biblioteca	12	35	420	203,42	466,67
Despacho (x3)	2	35	210	101,71	233,33
Oficinas (x6)	2	35	420	203,42	466,67
Baño 1	4	35	140	67,81	155,56
Baño 2	2	35	70	33,90	77,78
Campo de fútbol	4	240	960	464,95	1066,67
	4	240	960	464,95	1066,67

Por otro lado, otro elemento que contribuye a la potencia del sistema son las tomas de fuerza las cuales se distribuyen de la siguiente manera.

Tabla 2: Potencia y distribución de las tomas de tierra en la instalación

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)
Aulas (x25)	1	3450	3450	2587,50
Enfermería	4	3450	13800	10350,00
Biblioteca	5	3450	17250	12937,50
Despacho (x3)	2	3450	6900	5175,00
Oficinas (x6)	1	3450	3450	2587,50

Después de considerar la luminarias, las tomas a tierra, las cargas y sus horas de funcionamiento se puede llegar a la cifra de energía diaria consumida por la instalación.

Tabla 3: Desglose de la generación diaria de la instalación.

Cargas	Potencia activa [W]	Horas de funcionamiento [h]	Energía [Wh]
Iluminación Aulas	2625	5	13125
Iluminación Enfermería	140	5	700
Iluminación Biblioteca	210	5	1050
Iluminación Despachos	105	5	525
Iluminación Oficinas	210	5	1050
Iluminación Baño 1	28	5	140
Iluminación Baño 2	14	5	70
Iluminación Campo de fútbol	96	5	480
	96	5	480
Tomas de fuerza Aulas	862,5	5	4312,5
Tomas de fuerza Enfermería	138	5	690
Tomas de fuerza Biblioteca	172,5	5	862,5
Tomas de fuerza Despachos	207	5	1035
Tomas de fuerza Oficinas	207	5	1035
Bomba hidráulica	728	6	4368
Ventiladores	90	5	450
TOTAL			30373

Con esta cifra, se realiza el dimensionamiento del generador por el método del mes peor, después de llevar a cabo esta metodología de cálculo se estima que el número de paneles fotovoltaicos necesarios es de veinte módulos con una potencia nominal individual de 405 W. El modelo escogido será HiKu de la marca Canadian Solar.

A continuación, se eligen 2 series de baterías de 6 V con una capacidad de 600 Ah de la marca Ultracell. Estas baterías se dimensionan con el método de los amperios-hora. Además, esta baterías podrán alimentar de manera independiente la demanda de la instalación durante un día.

El siguiente paso consiste en el dimensionamiento del regulador de tensión, atendiendo a las magnitudes admisibles tanto de potencia como de intensidad máxima del sistema se eligen dos reguladores de tensión de la marca Victron para poder transmitir la energía producida en su integridad. Estos reguladores serán acompañados por un inversor de la misma marca el cual será el encargado de transformar los 48 V en continua a su entrada a los 230 V en alterna a su salida. En la siguiente figura, se muestra la distribución de la instalación hasta el cuadro principal de la instalación.

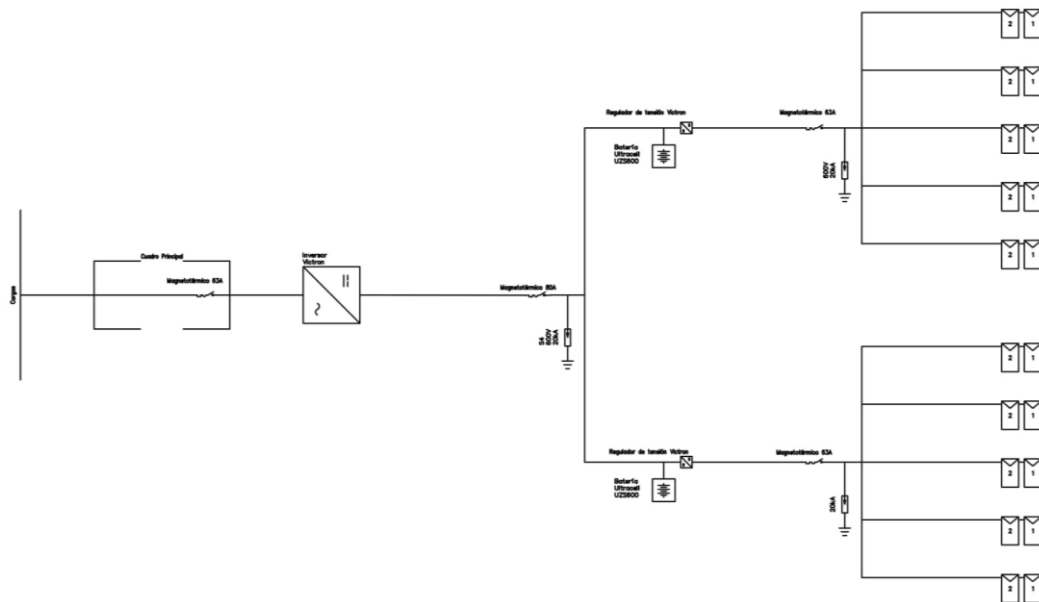


Ilustración 3: Esquema unifilar de unión de los paneles fotovoltaicos con el cuadro principal.

El dimensionamiento del cableado y de las protecciones está compuesto por multitud de componentes. Debido a esta magnitud, los cálculos y resultados quedarán recogidos en el Anexo II y III de la memoria, como se ha mencionado previamente. Estos cálculos han sido basados en la metodología expuesta en el REBT. En la siguiente figura se representa la unión de cables y protecciones desde el cuadro principal hasta las cargas.

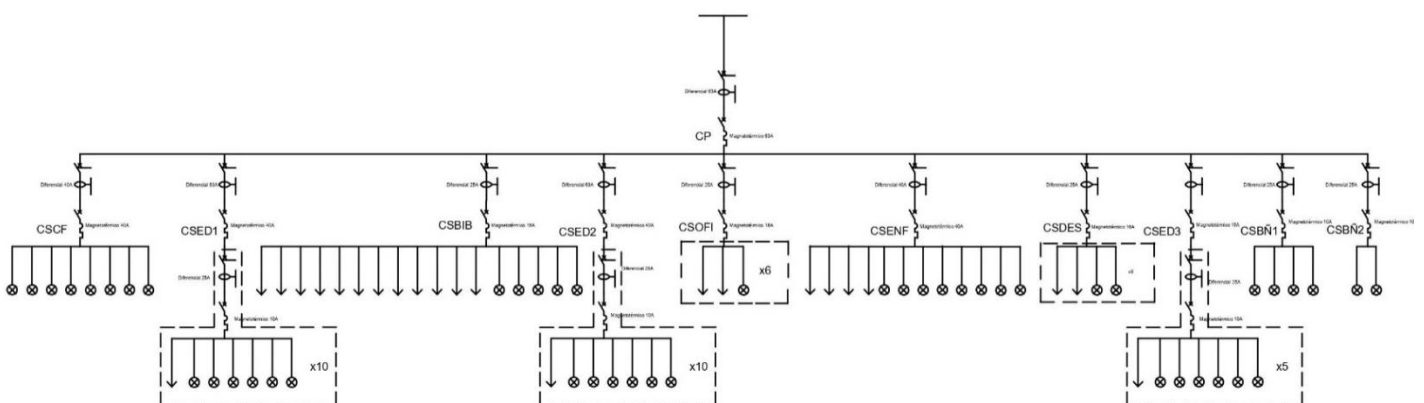


Ilustración 4: Esquema unifilar de unión del cuadro principal con las derivaciones individuales.

Para el diseño de la toma de tierra de la instalación, se han elegido dos configuraciones independientes entre sí, para el lado de corriente alterna y continua de la instalación. Para el lado de corriente continua se ha escogido una configuración TT formada por 2 picas unidas por un cable conductor en forma de anillo mientras que para la puesta a tierra de

corriente continua se ha escogido la configuración IT, formado por 4 picas metálicas unidas por un cable conductor. La razón principal de dicha elección es debido a que en este lado de la instalación no se pueden localizar interruptores diferenciales que protejan frente a contactos indirectos.

En relación con la logística, tras haber contemplado las diferentes alternativas que se podían llevar a cabo se ha estimado que la opción más apropiado consiste en la contratación de un transitario europeo que se encargue de llevar la mercancía de Algeciras al puerto de Douala en Camerún bajo el incoterm de CFR. Una vez ahí, se deberá de convenir con otro operador logístico que recoja la mercancía en el puerto y la traslade hasta la puerta del colegio bajo el incoterm de DDP.

Para poder negociar una tarifa adecuada cuando el proyecto se lleve a cabo, se ha recogido una estimación de los costes atendiendo a información de páginas web, informes del Banco Mundial y esbozos de presupuesto por parte de agentes logísticos.

Tabla 4: Presupuesto de logística.

Logística	
Concepto	Coste [€]
Algeciras(España)-Doula(Camerún)	1377
Tarifa Portuaria Douala	893,94
Coste CAMRAIL to Ngaoundere	411,05
Ngaoundere(Camerún)-Djamena(Chad)	730,75
Djamena-Colegio San Francisco Javier	27,58
Otros costes	928,66
Total	4368,98

En cuanto a la financiación se ha realizado un análisis DAFO de las vías tradicionales de financiación no lucrativas. Tras el estudio se ha concluido que las dos líneas que más se adaptan al proyecto son el crowdfunding y la organización de eventos. En base a esto, se han inspeccionado otros proyectos llevados a cabo por la Fundación de Ingenieros de ICAI. Se estima mediante la realización de una campaña de crowdfunding y con la organización de dos eventos se puede llegar a recaudar una cifra estimada de 8400 € con los medios disponibles, lo que supone un 15 % de los fondos necesarios. Por tanto, estas líneas de financiación quedan como vías complementarias, necesitándose el acceso a una financiación no tradicional que puede venir dada por parte de la ONG Manos Unidas debido a las sinergias que puede tener con la Fundación de Ingenieros de ICAI y con el alcance y propósito de este proyecto.

Tabla 4: Presupuesto general del proyecto.

Presupuesto General	
Concepto	Coste [€]
Luminarias	15202,54
Cableado y tuberías	20190,07
Dispositivos principales	15369,01
Protecciones	306,6
Logística	4368,98
Mano de obra	525
Otros	262,36
Total	56224,56

Para concluir con este apartado, se muestran algunos de los resultados obtenidos por la simulación de la instalación fotovoltaica con el programa BlueSol.



Ilustración 5: Vista en planta y distribución de los paneles fotovoltaicos.

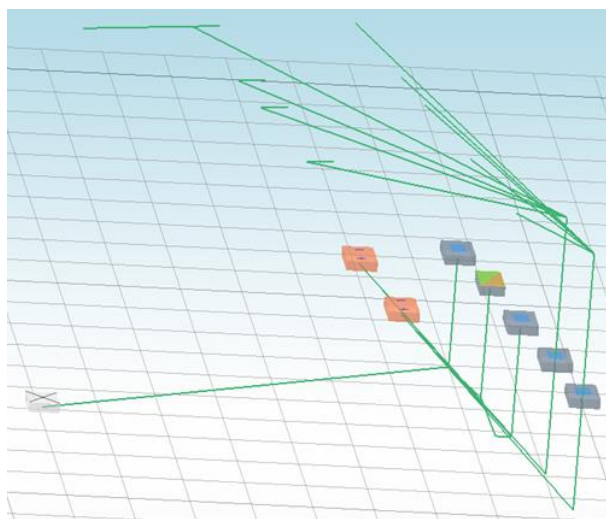


Ilustración 6: Distribución de los dispositivos de la instalación fotovoltaica.

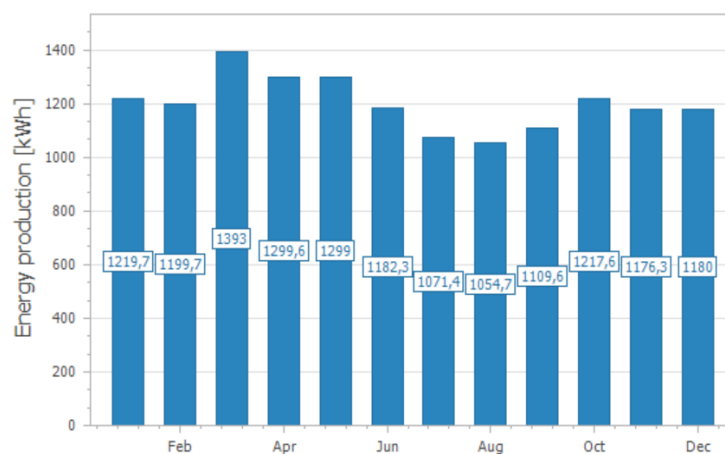


Ilustración 7: Simulación del perfil anual de generación de la instalación fotovoltaica.

Conclusiones

La crisis del COVID-2019 no solo ha provocado un paréntesis en la vida de muchas personas sino en el desarrollo de muchos proyectos. En concreto, este proyecto se ha visto afectado principalmente en la búsqueda de financiación y en la organización de la logística. Esto se debe a que, por un lado, las ONGs se encuentran sumidas en una emergencia global y por otro, a las restricciones de libre circulación que se han podido observar en muchos países.

Terminado el diseño del proyecto, es conveniente remarcar que muchas de las hipótesis y decisiones de diseño se han tomado en base a la información disponible, en muchos casos, parcial y en otros inexistente. Este hecho parece lógico si se recuerda que se está ante uno de los países con menor índice de desarrollo humano como es la República de Chad.

El presupuesto general del proyecto desvela que, desde el principio, este proyecto tenía un carácter ambicioso. Aunque la cantidad de fondos necesarios para llegar a ejecutar el proyecto es considerable y a priori no parezca sencillo encontrar financiación, no hay que olvidar que la construcción de una instalación eléctrica de un colegio puede suponer una inversión de infraestructura más intensiva que otros proyectos tradicionales como puede ser la construcción de un pozo.

En el caso de que la cantidad presupuestada suponga la imposibilidad de realizar el proyecto, para que Manos Unidas u otro socio puedan hacer frente a la financiación, se podrían realizar modificaciones en el diseño lo que se traduciría en una reducción parcial del alcance que vendría acompañada de una minoración de los fondos necesarios.

Otra opción que se puede explorar es la búsqueda de otras entidades como la Fundación Ramon Grosso para secundar partes de la instalación, que tengan relación con las actividades deportivas. Por otro lado, la recopilación de más información sobre el colegio, en especial, unos planos más específicos de los edificios podrían reducir el gasto en la compra de materiales necesarios para el proyecto como pueden ser los cables y los tubos que los protegen. Además, para realizar las campañas de crowdfunding y comunicación con éxito, será necesario la aportación de material fotográfico y de vídeo que pueda apoyar la explicación del proyecto.

Finalmente, tras la finalización del diseño y las conversaciones mantenidas con personas experimentadas en proyectos parecidos llevados a cabo en países africanos, se ha llegado a la conclusión de que este proyecto deberá de ser ejecutado bajo la hipótesis de que exista una persona de confianza residiendo en Chad que este comprometida con el proyecto. Basándose en experiencias de otros proyectos, la omisión de esta figura en el país de origen supondría un obstáculo prácticamente insalvable y más si se trata de la República del Chad.

ELECTRICAL INSTALLATION OF A SCHOOL IN CHAD

Author: Merino Gil, Pablo

Director: Huertas, Antonio

Collaborating entity: Fundación de Ingenieros ICAI

PROJECT SUMMARY

This project has been carried out by the ICAI Foundation of Engineers. Its mission is to ensure that the most disadvantaged people achieve decent living conditions, facilitating the ICAI community and related companies to put their knowledge and resources at the service of the same. Within this framework, the opportunity arises to carry out this project consisting of the design of the electrical installation of the Jesuit College San Francisco Javier located in the town of Toukra, Chad, Africa.

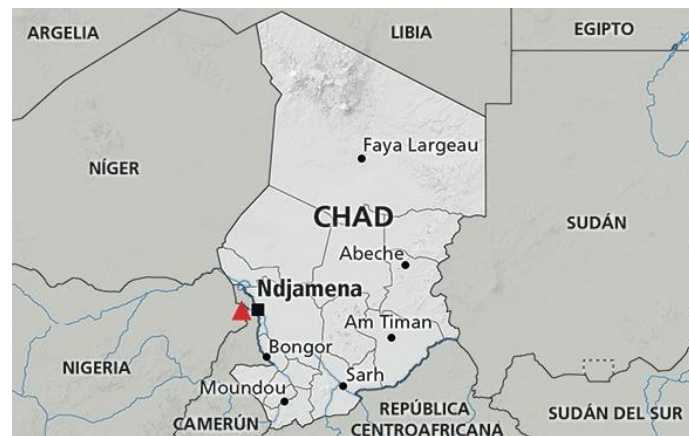


Figure 1: Political map of the Republic of Chad.

The Republic of Chad is a Central African country with an area of 1,284,000 km² and a population of around 15 million people. Its capital is Njamena, where around a million people live and it is located about 120 km from Lake Chad, which gives its name to the country and constitutes the second-largest water reserve in Africa.

In this country, the official languages are French and Arabic. On the other hand, the majority of religions are Christianity and Islam. Chad was a French colony for forty years until it achieved independence in 1960. Five years later, a civil war began that would last until the end of the 1980s. This war was followed by a dictatorship that would last a decade. Finally, due to the conflict in Darfur, there is a refugee crisis in Sudan that would finally affect Chad, a country that would declare war on Sudan in 2005.

Every year, the European Union publishes the Human Development Index (HDI) of all the countries in the world. According to this index, Chad ranks as the fifth poorest country in the world with a per capita income of \$ 728.34 in 2008. The country's currency is the franc of the African financial community or CFA franc. Economic activity is concentrated in the primary sector as it is based on agriculture and livestock. Besides, Chad is a country that has historically exported cotton, although currently, almost 60% of exports

correspond to oil due to the abundance of this raw material in fields located in the south of the country.

Based on the demographic study carried out in 2018, the Chadian population grows at a rate of 3.32% annually, with an average life expectancy of 57 years and a mortality rate of 10%. The most surprising demographic characteristic is the average age of its population since 65% do not exceed 25 years.

Even though primary education is compulsory in Chad, only 68% of children receive it, more than half of the illiterate population. The only university in the country is the N'Djamena University located in its capital. Furthermore, it should be noted that Chad does not have a Ministry of Education.

Current situation of the school

In 2015, the San Francisco Javier school had 350 students. Four years later and coinciding with the beginning of the master's Final Project, approximately 1500 students were enrolled. However, the change in the director of the school has reduced this figure to less than a thousand students.

As mentioned above, the school is in the Toukra locality, about 20 kilometers from Djamena. Initially, the population of this region was less than 3,000 inhabitants, but the presence of the school center has encouraged many families to settle in the vicinity, causing the population to have tripled in a few years. The following illustration shows the distribution of the buildings within the school

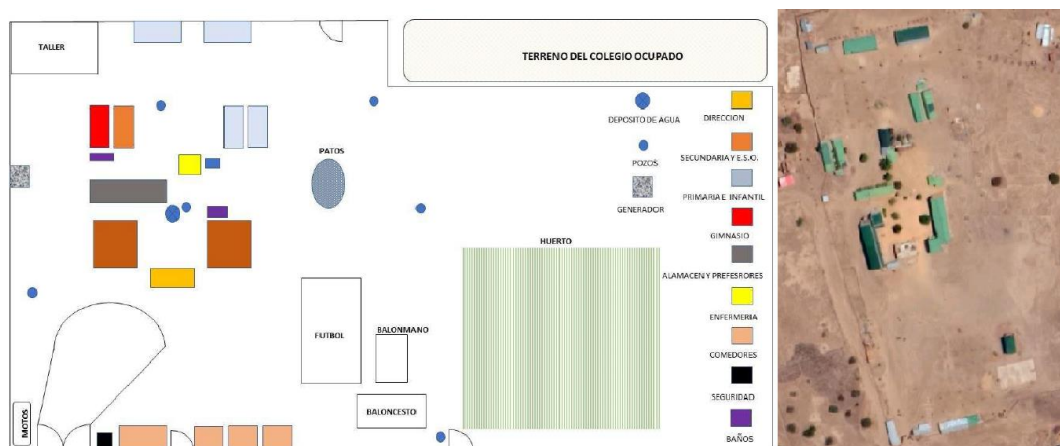


Figure 2: Building distribution in San Francisco Javier school.

The school occupies an area of 7 hectares, according to the information received, some buildings have been damaged by storms and others are also unfinished due to lack of resources. In this regard, The Ramón Grosso Foundation is involved in the completion of these buildings and their reconstruction. A library is currently under construction.

The Ramón Grosso Foundation has been working at the school since 2014, its objective from the beginning has been the development of the school through the financing and organization of socio-sports activities. Furthermore, it is important to highlight that this entity has collaborated with the Real Madrid Foundation on some projects. Another entity that has operated in the school is the Madrid Association for Child Aid (AMAIF).

However, this organization has suffered an attack at its headquarters located in Burkina Faso, therefore its activity at the school has been paralyzed.

One of the main characteristics of the Toukra region is its abundance of groundwater located at a depth of 30 to 50 meters. For this reason, the school has 5 manual pressure wells, of which 2 are powered by an electric pump. Also, there is a tank with a volume of 2000 liters.

The center is equipped with a small electrical installation made up of 6 50 W solar panels and a diesel generator. The generation source is chosen from a switch and the loads that make up the system are a printer, a couple of computers, fans, and electric pumps.

Purpose of the project

The main objective of this project is to give all students access to electricity. The lack of this resource directly affects the education received since many activities cannot be carried out without it. Examples include the use of computers, projectors, and other electronic devices.

On the other hand, the electrification of the school is directly related to the fourth objective of sustainable development (SDG 4) of the 2030 Agenda, which defends the quality of education. This parameter is essential for any country since it represents the path to development and socio-economic growth of its population. In addition, educational quality is present in the DNA of the Jesuit order, therefore, it is logical that this project seeks excellence in this area.

Another of the most important impacts of access to electricity is the increase in the schooling rate. This phenomenon occurs since many children cannot attend school because during the day they are working or helping their families. Therefore, the availability of an evening school schedule would allow more children to attend school while at the same time helping to reduce inequalities. On the other hand, one of the factors that should not go unnoticed is the importance of lighting the indoor soccer field, although a priori it may seem unnecessary, this fact makes children's motivation to attend school grow considerably.

The infrastructure improvement that is being sought will provide lighting for the classrooms, the infirmary, the offices, the offices, the bathrooms, and the soccer field. To achieve this objective, it is necessary to design a photovoltaic installation made up of solar panels, voltage regulators, batteries, inverters, and other electrical switchgear, which includes wiring and protection systems. With this solution, the intention is to replace the previous electrical system to be able to meet educational quality criteria that ensure the possibility of development for children.

Methodology

First, to understand the context of the project, it is necessary to understand the main needs of the school. With this, what is intended is the prevention of the greatest number of problems that may pose impediments in the correct future development of the project. Besides, it will also be important to know the school spaces because one of the first design decisions will be to establish the location of the installation devices within the school.

Once the location is chosen, a light study will be carried out to choose the lights to be used in the project. First, a more theoretical approach will be carried out with the lumen's method, and then, a light study will be carried out with the DIALux computer program.

The next step will be to forecast the system loads. This calculation consists of obtaining the demand profile in the normal operation of the installation. For this, it will be necessary to estimate the energy consumption required by the devices and the lighting.

The forecast of loads consists of calculating the power required by the installation in its normal operation, considering both the energy consumption for lighting and the consumption of the rest of the installation's devices. From the daily demand profile, it is possible to calculate the number of photovoltaic panels and batteries so that the system can supply electricity when there is no sunlight. Furthermore, this calculated power will affect the choice of the voltage regulator and inverter.

After having chosen all the energy generation and transformation devices, the sizing of the wiring and the protections are proceeded to utilize the Low Voltage Electrotechnical Regulation (REBT). Also, the design of the grounding will also be necessary to protect people from indirect contacts.

Subsequently, the single-line drawings of the installation will be printed, where the position of the main, secondary panels, and the protection devices such as circuit breakers and differential switches will be collected. To finalize the installation design process, the BlueSol program will be used to simulate the behavior of the system and verify that the choice of components is consistent and meets generation and safety requirements.

Finally, a study will be carried out of the traditional types of non-profit financing available to finance this project, as well as other non-traditional forms of financing. Likewise, research will be carried out on the different logistics alternatives that are contemplated to deliver the installation material to the San Francisco Javier school.

Results

The first results obtained in the project revealed the type and number of lights that were necessary for the different spaces of the school. For reasons of simplicity and robustness, it has been decided to choose only one type of luminaire. The chosen model is the "MIR LED" linear lamp from the Glamox brand. This luminaire will be distributed throughout the school spaces as shown in the following table.

Table 1: Luminaire power and distribution in the installation.

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)	Potencia aparente(VA)
Aulas (x25)	6	35	5250	2542,69	5833,33
Enfermería	8	35	280	135,61	311,11
Biblioteca	12	35	420	203,42	466,67
Despacho (x3)	2	35	210	101,71	233,33
Oficinas (x6)	2	35	420	203,42	466,67
Baño 1	4	35	140	67,81	155,56
Baño 2	2	35	70	33,90	77,78
Campo de fútbol	4	240	960	464,95	1066,67
	4	240	960	464,95	1066,67

On the other hand, another element that contributes to the power of the system is the power take-offs which are distributed as follows.

Table 2: Power and distribution of the earth connections in the installation.

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)
Aulas (x25)	1	3450	3450	2587,50
Enfermería	4	3450	13800	10350,00
Biblioteca	5	3450	17250	12937,50
Despacho (x3)	2	3450	6900	5175,00
Oficinas (x6)	1	3450	3450	2587,50

After considering the luminaires, the earth connections, the loads, and their hours of operation, it is possible to arrive at the figure of daily energy consumed by the installation.

Table 3: Breakdown of the daily generation of the installation.

Cargas	Potencia activa [W]	Horas de funcionamiento [h]	Energía [Wh]
Iluminación Aulas	2625	5	13125
Iluminación Enfermería	140	5	700
Iluminación Biblioteca	210	5	1050
Iluminación Despachos	105	5	525
Iluminación Oficinas	210	5	1050
Iluminación Baño 1	28	5	140
Iluminación Baño 2	14	5	70
Iluminación Campo de fútbol	96	5	480
	96	5	480
Tomas de fuerza Aulas	862,5	5	4312,5
Tomas de fuerza Enfermería	138	5	690
Tomas de fuerza Biblioteca	172,5	5	862,5
Tomas de fuerza Despachos	207	5	1035
Tomas de fuerza Oficinas	207	5	1035
Bomba hidráulica	728	6	4368
Ventiladores	90	5	450
TOTAL			30373

With this figure, the sizing of the generator is carried out by the worst month method, after carrying out this calculation methodology, it is estimated that the number of photovoltaic panels required is twenty modules with an individual nominal power of 405 W. The model was chosen will be HiKu of the Canadian Solar brand.

Next, 2 series of 6 V batteries with a capacity of 600 Ah from the Ultracell brand is chosen. These batteries are sized using the amp-hour method. In addition, these batteries will be able to independently supply the demand for the installation for one day.

The next step consists in the dimensioning of the voltage regulator, taking into account the admissible magnitudes of both power and maximum intensity of the system, two Victron brand voltage regulators are chosen to be able to transmit the energy produced in

its entirety. These regulators will be accompanied by an inverter of the same brand which will oversee transforming the 48 V into continuous at its input to the 230 V alternating at its output. The following figure shows the layout of the installation to the mainframe of the installation.

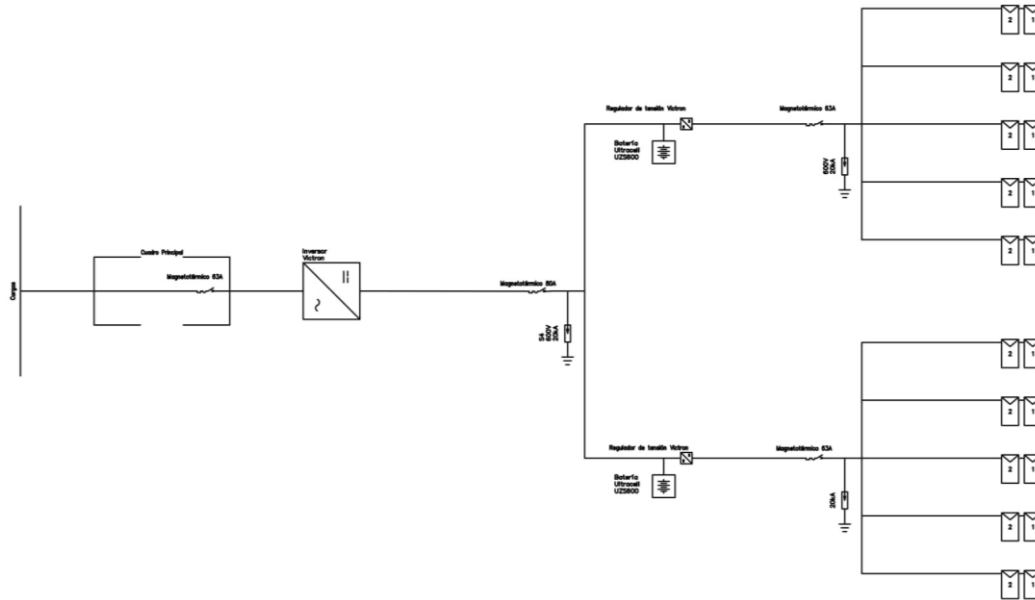


Figure 3: Single-line diagram of the union of the photovoltaic panels with the main panel.

The dimensioning of the wiring and the protections is made up of a multitude of components. Due to this magnitude, the calculations and results will be included in Annex II and III of the report, as previously mentioned. These calculations have been based on the methodology exposed in the REBT. The following figure represents the connection of cables and protections from the main panel to the loads.

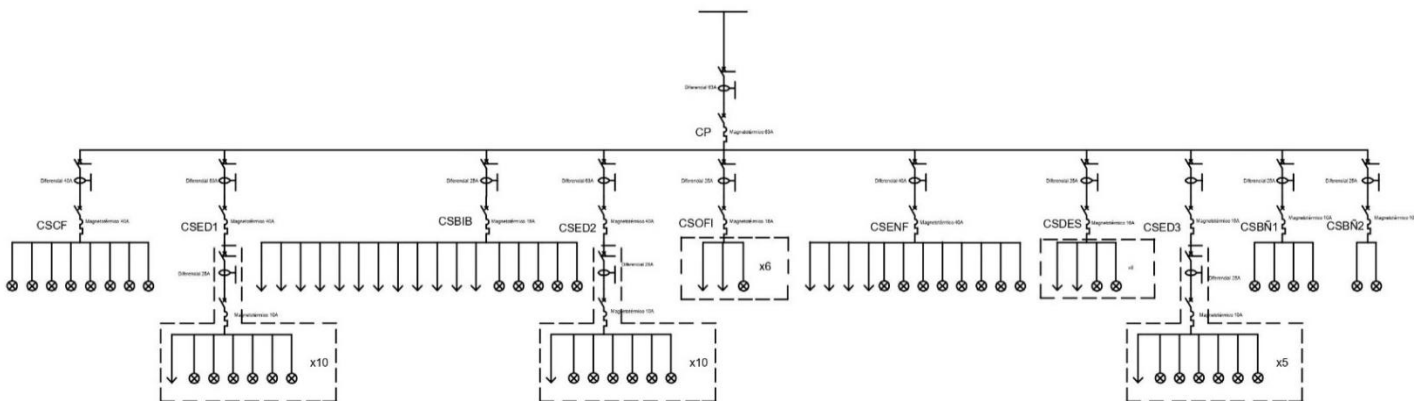


Figure 4: Single-line diagram of the connection between the main frame and the individual leads.

For the design of the installation grounding, two independent configurations have been chosen, for the AC and DC side of the installation. For the DC side, a TT configuration has been chosen consisting of 2 rods connected by a ring-shaped conductor cable, while the IT configuration, consisting of 4 metal rods joined by a conducting wire. The main reason for this choice is since it is not possible to locate differential switches that protect against indirect contacts on this side of the installation.

Concerning logistics, after having considered the different alternatives that could be carried out, it has been estimated that the most appropriate option is to hire a European freight forwarder to take the goods from Algeciras to the port of Douala in Cameroon under the CFR Incoterm. Once there, another logistics operator must be arranged to collect the merchandise at the port and transport it to the school gate under the DDP Incoterm.

To negotiate an adequate rate when the project is carried out, an estimate of the costs has been collected based on information from web pages, World Bank reports, and budget outlines by logistics agents.

Table 4: Logistics budget.

Logística	
Concepto	Coste [€]
Algeciras(España)-Doula(Camerún)	1377
Tarifa Portuaria Douala	893,94
Coste CAMRAIL to Ngaoundere	411,05
Ngaoundere(Camerún)-Djamena(Chad)	730,75
Djamena-Colegio San Francisco Javier	27,58
Otros costes	928,66
Total	4368,98

Regarding financing, SWOT analysis of traditional non-profit financing channels has been carried out. After the study, it has been concluded that the two lines that best adapt to the project are crowdfunding and the organization of events. Based on this, other projects carried out by the ICAI Foundation of Engineers have been inspected. It is estimated by carrying out a crowdfunding campaign and by organizing two events it is possible to raise an estimated figure of € 8,400 with the available means, which represents 15% of the necessary funds. Therefore, these lines of financing remain as complementary channels, requiring access to non-traditional financing that may be given by the NGO Manos Unidas due to the synergies it may have with the ICAI Foundation of Engineers and with the scope and purpose of this project.

Table 5: General budget of the project.

Presupuesto General	
Concepto	Coste [€]
Luminarias	15202,54
Cableado y tuberías	20190,07
Dispositivos principales	15369,01
Protecciones	306,6
Logística	4368,98
Mano de obra	525
Otros	262,36
Total	56224,56

To conclude with this section, some of the results obtained by simulating the photovoltaic installation with the BlueSol program are shown.



Figure 5: Plan view and distribution of photovoltaic panels.

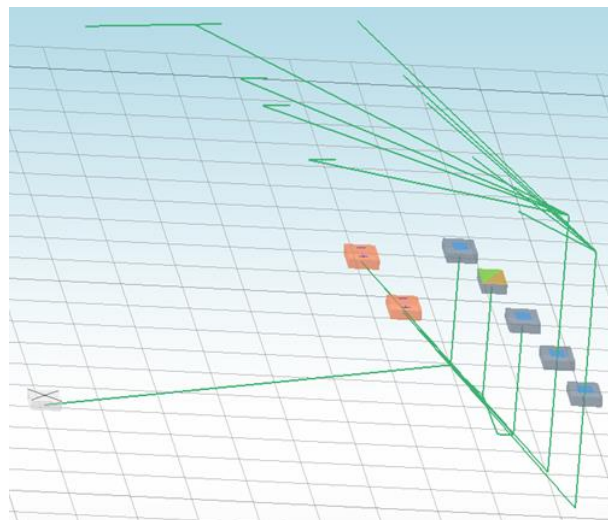


Figure 6: Distribution of the devices of the photovoltaic installation.

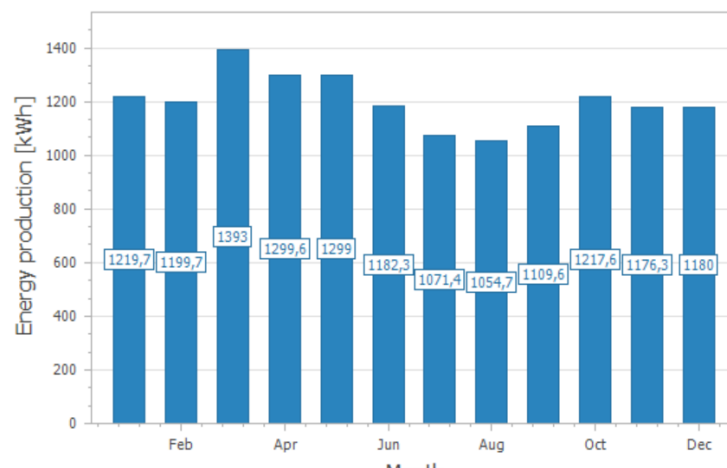


Figure 7: Simulation of the annual generation profile of the photovoltaic installation.

Conclusions

The COVID-2019 crisis has not only caused a parenthesis in the lives of many people but the development of many projects. Specifically, this project has been mainly affected by the search for financing and the organization of logistics. This is since, on the one hand, NGOs are mired in a global emergency and, on the other, to the restrictions of free movement that have been observed in many countries.

Once the project design is finished, it should be noted that many of the design hypotheses and decisions have been made based on the information available, in many cases partial and others non-existent. This fact seems logical if you remember that you are facing one of the countries with the lowest human development index, the Republic of Chad.

The general budget of the project reveals that, from the beginning, this project had an ambitious character. Although the amount of funds necessary to carry out the project is considerable and, a priori, it does not seem easy to find financing, it should not be forgotten that the construction of a school electrical installation may involve a more intensive investment in infrastructure than other traditional projects, such as be the construction of a well.

If the budgeted amount makes it impossible to carry out the project, so that Manos Unidas or another partner can meet the financing, modifications could be made to the design, which would result in a partial reduction in the scope that would be accompanied of a reduction of the necessary funds.

Another option that can be explored is the search for other entities such as the Ramon Grosso Foundation to support parts of the installation that are related to sports activities. On the other hand, gathering more information about the school, especially more specific plans of the buildings, could reduce the cost of purchasing materials necessary for the project, such as the cables and tubes that protect them. Besides, to carry out crowdfunding and communication campaigns successfully, it will be necessary to provide photographic and video material that can support the explanation of the project.

Finally, after the completion of the design and the conversations held with people experienced in similar projects carried out in African countries, it has been concluded that this project should be carried out under the hypothesis that a trustworthy person is residing in Chad is committed to the project. Based on experiences from other projects, the omission of this figure in the country of origin would be a practically insurmountable obstacle, especially if it is the Republic of Chad.

Agradecimientos:

“Quería dar las gracias a la Fundación de Ingenieros por haberme dado la posibilidad de haber realizado este proyecto, en especial, a Antonio Huertas y a Marta Reina por su entusiasmo, su disponibilidad y su amabilidad.

También quería agradecer a mi familia, a mis amigos y a mis profesores por el apoyo mostrado durante todos estos años, estoy seguro de que, sin ellos, nada de esto podría haber sido posible.”

TABLA DE CONTENIDOS

MEMORIA DEL PROYECTO	31
1.Estado del arte.....	31
1.1. República del Chad	31
1.2. Economía.....	32
1.3. Demografía.....	32
1.4. Educación	32
1.5 Situación actual	33
1.6. Situación técnica del colegio.....	34
1.7. Motivación y objetivos.....	35
1.8. Metodología de trabajo.....	37
1.9. Recursos a emplear.....	38
2. Dimensionamiento del proyecto	39
2.1. Previsión de cargas.....	40
2.2. Dimensionamiento del generador.....	60
2.3. Dimensionamiento del almacenamiento	64
2.4. Dimensionamiento del regulador de tensión.....	66
2.5. Dimensionamiento del inversor	68
2.6. Dimensionamiento del cableado	70
2.7. Dimensionamiento de las protecciones	87
2.8. Dimensionamiento de la puesta a tierra	94
3. Financiación no lucrativa.....	100
3.1. Análisis DAFO.....	101
3.2. Financiación pública.	102
3.3. Financiación privada.	104
3.4. Financiación del proyecto	122
4. Logística.....	127
4.1. Introducción	127
4.2. Tipos de transporte.....	128
4.3. Fases del proceso de envío	129
4.4. Incoterms.....	129
4.5. Transitarios.....	131
4.6. Contenedores.....	132

4.7. Grupos de interés.....	132
4.8. Logística del proyecto	133
4.9. Principales retos	134
4.10. Reuniones	135
5. Presupuesto	137
5.1. Sumas parciales	137
5.2. Presupuesto general.....	139
6. Conclusiones	140
7. Bibliografía	142
8. Anexos	145
9. Planos.....	161
Plano 1: Unifilar paneles fotovoltaicos a CP	161
Plano 2: Unifilar CP a DI.....	162

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa político de República de Chad. [2]	31
Figura 2: Pirámide poblacional de Chad. [3].....	32
Figura 3: Foto del colegio Saint François Xavier año 2017.	33
Figura 4: A la izquierda mapa simplificado y a la derecha mapa vista satélite del colegio Saint François Xavier.	34
Figura 5: Esquema básico de la instalación eléctrica.	35
Figura 6: Diagrama de Gantt del proyecto.	37
Figura 7: Iluminación de los lugares de trabajo interior.....	41
Figura 8: Medidas representativas del método de los lúmenes.	41
Figura 9: A la izquierda, luminaria elegida, a la derecha su emisión angular de luz.	43
Figura 10: Distribución obtenida a partir del método de lúmenes.	44
Figura 11: Resultado final de la distribución por el método de los lúmenes.....	45
Figura 12: Mapa de isolíneas de lux en las aulas.	46
Figura 13: Distribución de las luminarias en las aulas.	46
Figura 14: Mapa de isolíneas de lux en la enfermería.	47
Figura 15: Distribución de las luminarias en la enfermería.....	47
Figura 16: Mapa de isolíneas de lux en la biblioteca.	48
Figura 17: Distribución de las luminarias en la biblioteca.	48
Figura 18: Mapa de isolíneas de lux en los despachos.	49
Figura 19: Distribución de las luminarias en los despachos.....	49
Figura 20: Mapa de isolíneas de lux en las oficinas.	49
Figura 21: Distribución de las luminarias en las oficinas.....	50
Figura 22: Mapa de isolíneas de lux en el baño 1.	50
Figura 23: Distribución de las luminarias en el baño 1.	50
Figura 24: Mapa de isolíneas de lux en el baño 2.	51
Figura 25: Distribución de las luminarias en el baño 2.	51
Figura 26: Mapa de isolíneas de lux en el campo de fútbol sala.	52
Figura 27: Mapa de los valores medios de lux en el campo de fútbol sala.	53
Figura 28: Distribución de las luminarias en el campo de fútbol.	53
Figura 29: Representación del concepto de las horas de sol pico. [12].....	60
Figura 30: Panel HiKu 405 W de la marca Canadian Solar.	62
Figura 31: A la izquierda la batería Ultracell, a la derecha el nº de ciclos en función de su profundidad de descarga.	65
Figura 32: Inversor Quattro 48/10000/140-100/100.	68
Figura 33: Esquema unifilar de los paneles fotovoltaicos al cuadro principal.	74
Figura 34: Esquema unifilar del cuadro principal a las derivaciones individuales.	86
Figura 35: Curvas características del magnetotérmico.....	87
Figura 36: Esquema de los requisitos del dimensionamiento de magnetotérmicos.	89
Figura 37: Ejemplo de selectividad.	89
Figura 38: Selectividad total frente a selectividad parcial.....	90
Figura 39: Principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.	90
Figura 40: Requisitos de dimensionamiento de un interruptor diferencial.	91
Figura 41: Símbolos de interruptores diferenciales bipolares y tetrapolares.....	92
Figura 42: Esquema de instalación de puesta de tierra TT.....	95

Figura 43: Esquema de instalación de puesta de tierra IT.....	96
Figura 44: Fondos recaudados en la campaña de crowdfunding del proyecto Zimbabwe.	123
Figura 45: Fondos recaudados en la campaña de crowdfunding por el proyecto de Paloma Gómez de Olea.	123
Figura 46: Cadena logística de Chad.....	127
Figura 47: Fases del proceso de envío de producto a otros países. [24].....	129
Figura 48: Lista de Incoterms con sus costes y riesgos correspondientes. [26]	130
Figura 49: Contenedores de 20 y 40 pies.	132
Figura 50: Símbolo del Objetivo 4 de Desarrollo Sostenible.....	146
Figura 51: Distribución de los dispositivos de la instalación fotovoltaica.	160
Figura 52: Localización de instalación de los paneles fotovoltaicos.....	160
Figura 53: Perfil de generación de la instalación.	160

TABLA DE TABLAS

Tabla 1: Dimensiones de los espacios del colegio.	40
Tabla 2: Coeficientes de reflexión.	42
Tabla 3: Factor de utilización.	42
Tabla 4: Coordenadas de las luminarias en las aulas.	46
Tabla 5: Coordenadas de las luminarias en la enfermería.	47
Tabla 6: Coordenadas de las luminarias en la biblioteca.	48
Tabla 7: Coordenadas de las luminarias en los despachos.	49
Tabla 8: Coordenadas de las luminarias en las oficinas.	50
Tabla 9: Coordenadas de las luminarias en el baño 1.	51
Tabla 10: Coordenadas de las luminarias en el baño 2.	51
Tabla 11: Coordenadas de las luminarias en el campo de fútbol.	53
Tabla 12: Potencia nominal de las luminarias de cada local dentro de la instalación.	54
Tabla 13: Potencia nominal de las tomas de fuerza de la instalación.	55
Tabla 14: Potencia nominal de los dispositivos de la instalación.	56
Tabla 15: Demanda total de la instalación.	57
Tabla 16: Consumo diario de la instalación.	58
Tabla 17: Rendimientos de los dispositivos del sistema. [11].	59
Tabla 18: Irradiancia en la localización del proyecto.	61
Tabla 19: Horas de sol pico en la localización del proyecto.	61
Tabla 20: Características principales del panel fotovoltaico HiKu 405 W.	62
Tabla 21: Características principales de la batería Ultracell UZS600.	65
Tabla 22: Corrientes y voltajes máximas a la entrada del regulador de tensión.	66
Tabla 23: Regulador de tensión Victron 150/95 VE.Can.	66
Tabla 24: Características principales del regulador de tensión Victron 150/85 VE.Can.	67
Tabla 25: Características principales del inversor Quattro 48/10000/140-100/100.	69
Tabla 26: Dimensionamiento del cableado de unión de los paneles fotovoltaicos y el cuadro principal.	75
Tabla 27: Cuadro principal y cuadros secundarios.	77
Tabla 28: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del campo de fútbol.	78
Tabla 29: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de la enfermería.	79
Tabla 30: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de los despachos.	80
Tabla 31: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de la biblioteca.	81
Tabla 32: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de las oficinas.	82
Tabla 33: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de los edificios 1 y 2.	83
Tabla 34: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del edificio 3.	84

Tabla 35: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del baño 1.	85
Tabla 36:: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del baño 2.	85
Tabla 37: Tiempo de disparo de un interruptor diferencial en función de su clase.....	92
Tabla 38: Dimensionamiento de protección de la unión entre los paneles fotovoltaicos y el cuadro principal.	93
Tabla 39:: Dimensionamiento de protecciones de la unión entre el cuadro principal y las derivaciones individuales.	93
Tabla 40: Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.	97
Tabla 41: Análisis DAFO de las convocatorias públicas.	103
Tabla 42: Análisis DAFO de las convocatorias privadas.	105
Tabla 43: Análisis DAFO de los convenios de colaboración.	107
Tabla 44: Análisis DAFO del crowdfunding.....	110
Tabla 45: Análisis DAFO de las cuotas de socio.	112
Tabla 46: Análisis DAFO de la venta de productos.	114
Tabla 47: Análisis DAFO de la organización de eventos.....	116
Tabla 48: Análisis DAFO de las herencias y legados.	118
Tabla 49: Análisis DAFO del apadrinamiento.	120
Tabla 50:Tabla de las medidas más importantes de los contenedores estándar.	132
Tabla 51: Sumas parciales de las luminarias.	137
Tabla 52: Sumas parciales del cableado y tubos.	137
Tabla 53:: Sumas parciales de los dispositivos principales.	137
Tabla 54:Sumas parciales de las protecciones.....	138
Tabla 55: Sumas parciales de la logística.	138
Tabla 56: Sumas parciales de la mano de obra.....	138
Tabla 57: Sumas parciales de otros.	139
Tabla 58: Presupuesto general del proyecto.	139
Tabla 59: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del campo de futbol y sus derivaciones individuales.	147
Tabla 60: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de los despachos y sus derivaciones individuales.	148
Tabla 61: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de la enfermería y sus derivaciones individuales.	149
Tabla 62: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de la biblioteca y sus derivaciones individuales.	150
Tabla 63: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de las oficinas y sus derivaciones individuales.	151
Tabla 64: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de los edificios 1 y 2, y sus derivaciones individuales.	152
Tabla 65: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del edificio 3 y sus derivaciones individuales.	155
Tabla 66: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del baño 1 y sus derivaciones individuales.	156
Tabla 67: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del baño 2 y sus derivaciones individuales.	156

Tabla 68: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del campo de fútbol.	157
Tabla 69: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de los despachos.	157
Tabla 70: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de la enfermería.	157
Tabla 71: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de la biblioteca.	157
Tabla 72:: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de las oficinas.	157
Tabla 73: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 1....	158
Tabla 74: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 2.	158
Tabla 75: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 3.	158
Tabla 76: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del baño 1.	158
Tabla 77: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del baño 2.	159

MEMORIA DEL PROYECTO

1.Estado del arte

1.1. República del Chad

República del Chad es un país centroafricano sin salida al mar que posee una superficie de 1,284,000 km^2 y una población total de aproximadamente 15 millones de personas. El nombre del país viene dado por el lago Chad el cual es el segundo cuerpo de agua más grande de África. Su capital Yamena posee una población de aproximadamente un 1,000,000 de habitantes. [1]

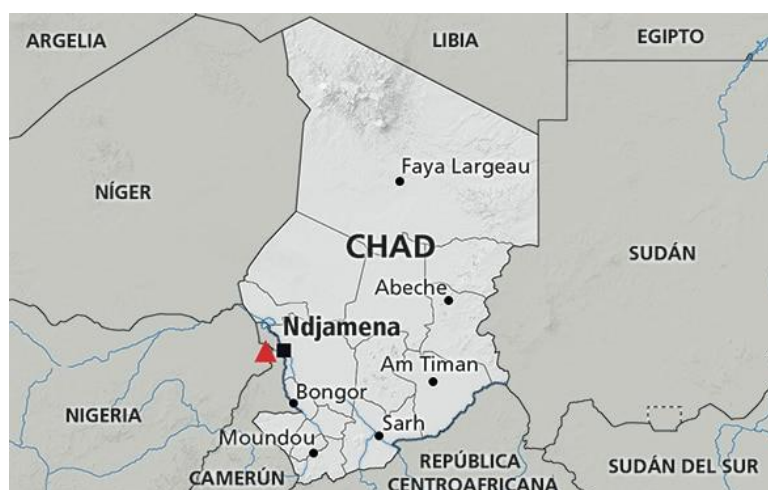


Figura 1: Mapa político de República de Chad. [2]

En Chad conviven gran cantidad de lenguas, siendo los idiomas oficiales de Chad árabe y francés. Además, las religiones mayoritarias del país son el islam y el cristianismo. Tras 40 años siendo colonia francesa, en 1960 Chad se independiza. En 1965 el país se inicia en una guerra civil que duraría hasta finales de la década de los 80, dando paso una dictadura que concluye en 1990. Más adelante, a raíz del conflicto de Darfur, Sudán se produce una crisis de refugiados que afectaría Chad que resultaría más tarde en 2005 la declaración de guerra contra Sudán.

En la actualidad, la recomendación de viaje por parte de la embajada de España en Chad menciona lo siguiente:

“La situación en Chad sigue siendo inestable por lo que se recomienda no viajar a dicho país. Todos los países vecinos de Chad presentan crisis para la seguridad más o menos graves. Por este motivo, se recomienda posponer cualquier viaje no indispensable al país.

Las zonas fronterizas (no menos de treinta kilómetros) con los países vecinos han de ser absolutamente evitadas.” [2]

1.2. Economía

El índice de desarrollo humano (IDH) de la Unión Europea clasifica a Chad como quinto país más pobre del mundo con un producto interior bruto de tan solo 1,500 dólares. Su divisa es el Franco de la comunidad financiera africana (Franco CFA). Más del 80 % de la población vive de la agricultura y de la ganadería. Aunque históricamente el algodón supusiera el principal producto de exportación, en la actualidad alrededor del 60 % de las exportaciones del país se deben a la explotación del petróleo en yacimientos del sur del país.

El sector energía ha sido fuertemente afectada a causa de una mala gestión por parte de la Sociedad de Electricidad y Agua de Chad (STEE), empresa paraestatal que tan solo es capaz de suministrar un 1,5 % de la demanda nacional, llegando a suministrar un 15 % de la energía demandada en Yamena.

1.3. Demografía

Según el último estudio demográfico realizado en Julio de 2018 se estima que la población de Chad es de 15,833,116 habitantes. La población crece a un ritmo de 3,23 % anual destacando un índice de mortalidad infantil del 10 % y una esperanza de vida media de 57.5 años. La pirámide poblacional se caracteriza porque más del 65 % de la población no supera los 25 años. A continuación, se muestra la pirámide poblacional correspondiente a Chad.

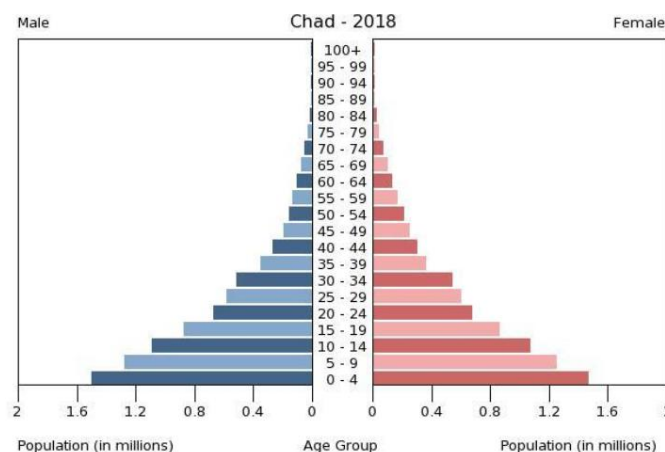


Figura 2: Pirámide poblacional de Chad. [3]

1.4. Educación

El gasto educativo de Chad supone el 2,9 % del PIB, cifra que sitúa al país en la cola de los países evaluados por la ONU. Además, cómo es común a otros países del tercer mundo

las mujeres carecen de oportunidades en dicha materia. Esta situación supone la raíz de otros problemas ya que imposibilita la incorporación de la mujer al trabajo. Actualmente la población alfabetizada femenina no llega al 25 %.

Por otro lado, en Chad la educación primaria es obligatoria. Sin embargo, tan solo el 68 % de los niños asisten a la educación primaria, siendo más de la mitad de la población analfabeta. El único centro universitario del país es la universidad de Yamena. Es importante destacar que Chad no posee Ministerio de Educación.

1.5 Situación actual

El proyecto se lleva a cabo en el colegio Saint François Xavier que pertenece a la orden de los jesuitas situado en una población llamada Toukra a 20 kilómetros de la capital Yamena. Inicialmente su población era menor de 3 mil habitantes. Sin embargo, la presencia del colegio ha sido motivo para que muchas familias decidieran establecerse en las cercanías con esperanza de progreso. Este suceso, ha hecho que actualmente Toukra cuente con una población de 10,000 habitantes. De la misma manera, el colegio ha experimentado un crecimiento significativo desde 2015 en el que había 350 alumnos con respecto a la actualidad que son más de 1,500 estudiantes.



Figura 3: Foto del colegio Saint François Xavier año 2017.

Desde 2014 la Fundación Ramón Grosso es una de las razones fundamentales de la expansión y desarrollo del colegio debido a la organización y financiación de actividades sociodeportivas con el propósito de promover el deporte, el desarrollo y la asistencia de los niños al centro escolar. [4]

Otro de los grupos colaboradores ha sido La Asociación Madrileña de Ayuda a la Infancia (AMAIF). Dicha organización se encarga de la realización de proyectos en diferentes países con un el objetivo del desarrollo de los niños. Sin embargo, después del último incidente en su sede situada en Burkina Faso, su actividad en el colegio se ha reducido. [5]

1.6. Situación técnica del colegio

El colegio abarca una superficie de 7 hectáreas (70,000 m²), algunos edificios se encuentran a medio construir por falta de recursos y otros se han visto gravemente afectados por las tormentas. La Fundación Ramón Grosso se encuentra involucrada en la reconstrucción de estos edificios y en la construcción de una biblioteca. Con ello, se intenta que los niños puedan tener acceso a libros, algo inusual para los niños chadianos. En la siguiente figura se muestra la estructura del colegio.

Es importante recalcar que en la figura anterior no se puede apreciar el estado en el que se encuentran los edificios. Por otro lado, en la vista de satélite, se pueden observar que

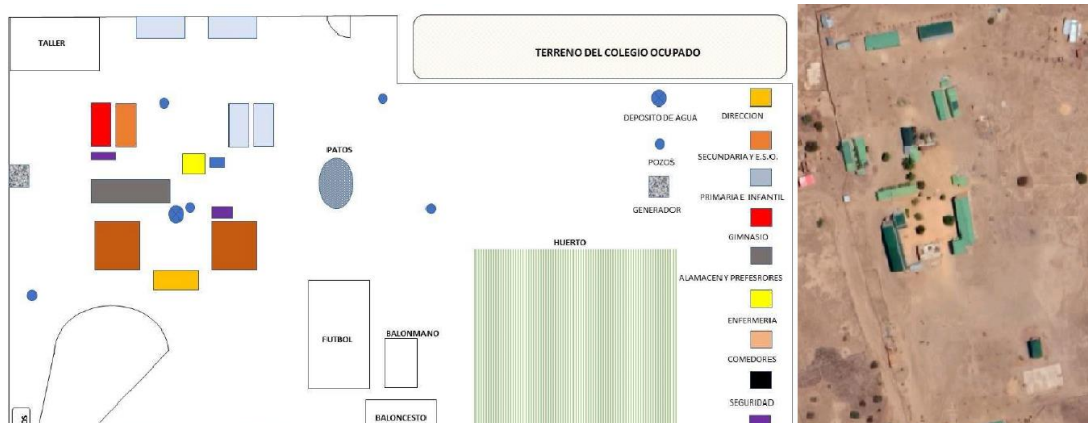


Figura 4: A la izquierda mapa simplificado y a la derecha mapa vista satélite del colegio Saint François Xavier.

es un terreno árido y erosionado la cual se caracteriza por una evidente falta de vegetación y de sombra. Por esta razón, uno de los proyectos que se considera crucial es la plantación de una arboleda dentro del colegio con el propósito de mejorar el bienestar de los alumnos y hacer frente a las altas temperaturas. Esta medida prevé aumentar la tasa de asistencia de los niños al centro escolar.

En contraste con la visión superficial, la zona de Toukra se caracteriza por tener abundancia de aguas subterráneas, localizadas a una profundidad de entre 30 y 50 metros. Además, se cree que en la posible existencia de ríos subterráneos. La Fundación Ramón Grosso ha instalado 5 pozos de presión manual, de los cuales dos de ellos están dotados de una bomba eléctrica de 50W y 75 V. Dicha bomba eléctrica suministra agua a un pequeño depósito de 2,000 litro de volumen.

Las cargas y el sistema eléctrico del colegio se encuentran localizados en el edificio de dirección del colegio. Se cuenta con dos ordenadores, una impresora, un par de ventiladores y las bombas mencionadas anteriormente. Para alimentar estas cargas se tienen por un lado 6 placas solares de 50 W cada una y por otro un generador de gasoil. La potencia aportada por el sistema fotovoltaico es muy reducida (300 W), lo que exige que en muchas ocasiones se tenga que utilizar el generador. La instalación eléctrica se sitúa en isla y está compuesta por un conmutador, que elige con que tecnología generar la corriente eléctrica; un regulador de tensión, un equipo de baterías y un inversor.

1.7. Motivación y objetivos

La principal motivación de este proyecto reside en maximizar el bienestar de los alumnos cuando asisten al colegio y permitir el normal funcionamiento de dicho centro cuando no haya luz natural. Para ello, se busca dotar al colegio con una instalación eléctrica robusta y segura que pueda alimentar a las bombas de agua, las luminarias y otras cargas que sean necesarias como puede ser la impresora del colegio.

El poder crear un ambiente adecuado de aprendizaje en el colegio es esencial puesto que la educación de estos niños supone su bien máspreciado para desarrollarse como personas, mejorar su entorno y escapar de la pobreza. Por esta razón, se le otorga tanta importancia a la mejora de la infraestructura del centro escolar ya que supone la base de un correcto sistema educativo.

La electricidad y el acceso al agua potable suponen recursos esenciales para el desarrollo del ser humano. Tanto es así, que la mejora de dichos sistemas supondría el aumento considerable de la tasa de estudiantes. La posibilidad de asistir al colegio cuando no hay luz facilitaría la asistencia de muchos niños que durante el día se encuentran trabajando para poder sustentar a sus familias. Además, el simple hecho de poder iluminar un campo deportivo supone un aumento significativo del atractivo de las instalaciones del centro.

Este proyecto nace gracias a la Fundación de Ingenieros de ICAI, la cual, une en colaboración a estudiantes y profesionales con similares inquietudes sociales. El papel fundamental de la Fundación de Ingenieros, junto a la Fundación de Ramón Grosso y AMAIF, aporta los medios necesarios para que estudiantes universitarios puedan utilizar sus conocimientos adquiridos al servicio de la sociedad para poder lograr un impacto real. En concreto, un impacto bidireccional debido a que todas las personas involucradas en el proyecto experimentan un desarrollo y una mejora en sus vidas.

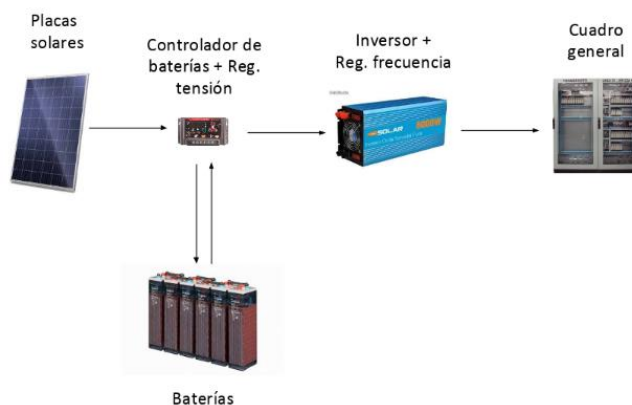


Figura 5: Esquema básico de la instalación eléctrica.

La instalación eléctrica se sitúa en isla y está compuesta por paneles solares, que transforman la energía lumínica en corriente continua; un regulador de tensión, para asegurar un voltaje estable; un equipo de baterías, para almacenar energía; un inversor para transformar la corriente continua a corriente alterna y un cuadro general con los

sistemas eléctricos de seguridad que distribuirá la corriente eléctrica a las diferentes cargas de la instalación.

Con este sistema eléctrico se pretende:

1. Reemplazar la instalación eléctrica actual para eliminar la dependencia del generador de gasoil al mismo tiempo que se suplen las nuevas necesidades que se han creado al largo de los últimos años.
2. Dar la oportunidad a los niños que trabajan durante el día a asistir al colegio cuando no haya luz natural facilitándoles de esta manera el acceso a la educación.
3. Iluminar el campo deportivo para que los niños puedan disfrutar de los tiempos de descanso, con la ventaja que las temperaturas por la noche no son tan elevadas y que supondría un incentivo que motive a más niños a acudir al colegio.
4. Dar potencia necesaria a las bombas de agua para poder abastecer con agua potable a las personas que viven en los alrededores, mejorando de esta manera su calidad de vida.

1.8. Metodología de trabajo.

La metodología de trabajo consistirá en reuniones con el director de proyecto cada dos o tres semanas de cara a realizar una monitorización del cumplimiento de objetivos, presentación de avances y consulta de dudas que surjan. A continuación, con este gráfico se intenta representar el flujo de trabajo en horas y actividades del proyecto.

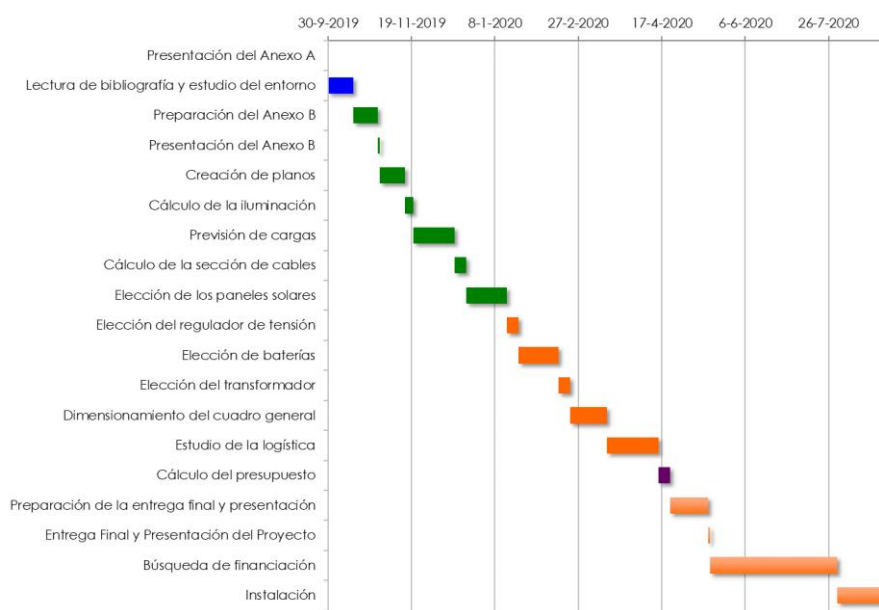


Figura 6: Diagrama de Gantt del proyecto.

- **Estudio del entorno y creación de planos.** Necesario para poder entender el contexto del proyecto y anticipar posibles problemas que puedan ser un obstáculo en el desarrollo del proyecto. Conocimiento de superficie y longitudes tanto de edificios como de terrenos para poder dimensionar la distribución de electricidad del colegio.
- **Cálculo de la previsión de cargas y sección de conductores:** Necesario para realizar la previsión de la demanda para poder dimensionar la potencia de la instalación. Posteriormente se calculará la sección de los conductores cumpliendo la normativa del Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT).
- **Cálculo de iluminación.** Estudio lumínico para poder obtener el valor medio de alumbrado adecuado atendiendo al consumo y a la idoneidad del lugar.
- **Elección de componentes eléctricos y elementos de seguridad:** Elección de las placas solares, regulador de tensión, baterías, inversor y el cuadro general. En este apartado se intentarán buscar piezas que hayan sido descartadas por fabricantes con vistas de conseguir un presupuesto más competitivo. En el cuadro general estará compuesto por los sistemas de seguridad del sistema eléctrico (magnetotérmico y diferencial) los cuales serán elegidos atendiendo a la selectividad que presenten.
- **Presupuesto y búsqueda de financiación:** Una vez elegidos los sistemas, se estudiará las diferentes posibles logísticas para obtener los componentes en el lugar de trabajo con el fin de optimizar el presupuesto. Finalmente, tras haber realizado el

diseño de la instalación y su presupuesto se buscarán socios que estén interesados en la financiación del proyecto para poder implantarlo.

1.9. Recursos a emplear.

En este apartado se recogen los recursos necesarios para el correcto desarrollo del proyecto. Para el serán imprescindibles los recursos que se podrán clasificar en recursos tangibles e intangibles.

1.9.1. Recursos tangibles

Los recursos tangibles necesarios son de carácter:

- Físicos: Ordenador, componentes eléctricos.
- Financieros: Financiación para todos los gastos que el proyecto incurra.
- Tecnológicos: Licencias de programas como DIALux, AutoCAD o Cypelec.

1.9.2. Recursos intangibles

Los recursos intangibles comprenden:

- Recursos humanos: Se requiere el tiempo, el conocimiento y la experiencia de las personas que van a realizar el proyecto.
- Innovación: Se necesita la creatividad y la imaginación para resolver problemas en circunstancias diferentes.
- Imagen: Reputación, fiabilidad y calidad probada a la hora de encontrar financiación para desarrollar el proyecto.

2. Dimensionamiento del proyecto

Para realizar el dimensionamiento de un sistema eléctrico autónomo se puede recurrir a gran variedad de métodos. Sin embargo, la mayoría de los métodos siguen un mismo patrón ya que muchos de estos métodos se diferencian en la magnitud en la que se trabaja por ejemplo en Ah o Wh. El denominado común del proceso de diseño sigue los siguientes pasos:

1. **Previsión de cargas:** Este proceso se ha realiza para estimar el consumo que tendrá la instalación y poder de esta manera poder dimensionar el generador que alimentará la demanda. Además, es necesario incluir factores de pérdidas puesto que los dispositivos que se encuentran involucrados no son ideales e incurrir en pérdidas.
2. **Dimensionamiento del generador:** En este paso se debe de elegir el tipo de generador que se va a utilizar. En este proyecto se ha elegido la tecnología fotovoltaica debido a que la radiación es una fuente abundante en Chad. Para calcular esta radiación es necesario conocer el emplazamiento del proyecto para poder calcular las horas de sol pico que pueden tener los paneles fotovoltaicos con las diferentes inclinaciones posibles.
3. **Dimensionamiento del sistema de almacenamiento:** Se necesita escoger entre las diferentes tecnologías que existen ya que unos tipos se adecuaran de una manera más apropiada a unas situaciones. También, se deberá calcular la capacidad necesaria y la disposición que tendrán dichas baterías para que sean compatibles con el resto de los dispositivos del sistema.
4. **Dimensionamiento del regulador:** Este dispositivo es necesario para obtener una tensión de 48 V a la entrada de la batería.
5. **Dimensionamiento del inversor:** Se deberá elegir el inversor que pueda transformar la corriente continua a corriente alterna transmitiendo a las cargas su potencia demandada y sin actuar como cuello de botella del sistema.
6. **Dimensionamiento del cableado:** El correcto diseño de estos parámetros serán esenciales para el buen funcionamiento futuro de la instalación puesto que un fallo en un cable podría originar la falta de abastecimiento de energía.
7. **Dimensionamiento de las protecciones:** Estos dispositivos protegen de las altas corrientes tanto a las personas como a los dispositivos de la instalación.
8. **Dimensionamiento de la puesta a tierra:** Consiste en la elección de un conjunto metálico enterrado que pueda transmitir las corrientes de fuga a tierra para proteger a las personas de contactos indirectos.

A parte del dimensionamiento teórico, se ha decidido usar el programa BlueSol para simular el comportamiento de la instalación fotovoltaica diseñada. Los resultados obtenidos por la simulación se encuentran recogidos en el anexo IV.

2.1. Previsión de cargas

La previsión de cargas consiste en el cálculo de la potencia requerida por la instalación en su funcionamiento normal considerando tanto el consumo energético por iluminación como el consumo del resto de dispositivos de la instalación.

Para llevar este proceso a cabo se realizará una división de las cargas del sistema en tres grupos: iluminación, tomas de fuerza y dispositivos.

Una vez determinado las potencias de dichos dispositivos se tendrán en cuenta los factores de simultaneidad y de utilización junto a los diferentes rendimientos que encontramos en la instalación para poder realizar una demanda más precisa del sistema.

2.1.1 Iluminación

El colegio tiene diferentes edificios y para diseñar la iluminación se han tenido en cuenta las diferentes dimensiones de los compartimentos en los que estos se dividen como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 1: Dimensiones de los espacios del colegio.

Local	altura [m]	largo [m]	ancho [m]
Aulas (x25)	3	8	6
Enfermería	3	10	6
Biblioteca	3	12	6
Despacho (x3)	3	4	3
Oficinas (x6)	3	3	2
Baño 1	2,5	11	6
Baño 2	2,5	7	3
Campo de fútbol	18,4	38	-

2.1.2. Método de los lúmenes

Aulas

Se parte de 25 aulas repartidas en tres edificios. Al ser la iluminación de estas aulas uno de los objetivos principales de este proyecto, es necesario realizar un estudio lumínico de estas habitaciones con el fin de asegurar que los niveles de iluminación son los correctos. Por esta razón, se ha realizado la aplicación del método de los lúmenes para poder obtener el tipo y el número de luminarias adecuado. [6]

El método de los lúmenes se emplea para determinar el número de luminarias necesario para poder iluminar el local de una manera uniforme. Para ello, es necesario conocer las dimensiones de la habitación y las luminarias que se van a utilizar.

Se ha decidido aplicar el método de los lúmenes a las clases debido a su importancia de asegurar un correcto nivel de luminancia. Para ello, se considera que las 25 clases tienen la misma dimensión. Antes de proceder con el método es adecuado nombrar y definir

algunos términos luminotécnicos que servirán para facilitar el entendimiento del método de los lúmenes: [7]

- **Intensidad luminosa (I):** Luz emitida por una fuente uniforme en una dirección. Sus unidades son las candelas [cd].
- **Iluminancia (E):** Es la densidad de flujo luminoso sobre un área. Su unidad es el [lux].
- **Iluminancia media (Em):** Media de la iluminancia medida en una superficie determinada. Su unidad es el lux.
- **Luminancia:** Cociente de la intensidad luminosa en una dirección entre el área de proyección. Su unidad es el [cd/m²].
- **Flujo luminoso (φ):** Relación de cantidad de luz que atraviesa una sección en un tiempo determinado. Su unidad es el [lumen].

Para determinar el nivel de iluminancia media necesaria en el aula se consulta la Norma Europea UNE-EN 12464-1:2003.

6.2 Edificios educativos					
Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR _L	R _a	Observaciones
6.2.1	Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.2	Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
6.2.3	Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable

Figura 2. Requisitos de iluminación para (áreas) interiores, tareas y actividades³.

Figura 7: Iluminación de los lugares de trabajo interior.

Acorde con la figura anterior, se elige una iluminancia media de 300 lux. A continuación, se determina el índice del local cuyo sistema de iluminación se incluye en el grupo “Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa.

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6 \cdot 8}{1.65 \cdot (6 + 8)} = 2.08$$

Donde:

K = Índice del local.

a = Ancho.

b = Largo.

h = Distancia vertical de la luminaria al plano de trabajo.



Figura 8: Medidas representativas del método de los lúmenes.

La distancia “d” corresponde con la distancia entre el techo del local y el plano de las luminarias. El plano de trabajo normalmente se establece a 0.85 metros por encima del suelo puesto que es la altura normal de una mesa de trabajo.

El siguiente paso consistirá en el cálculo de los coeficientes de reflexión de suelo, pared y techo, factor de utilización y el factor de conservación.

El coeficiente de reflexión indica la amplitud de la onda incidente y la reflejada sobre una superficie. Estos valores se encuentran tabulados:

Tabla 2: Coeficientes de reflexión.

	Color	Factor de reflexión, ρ
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1

Se selecciona un valor de factor de reflexión de 0.5 para techo y paredes puesto que las paredes de la clase son claras. Una vez calculados los factores de reflexión y el índice del local es posible calcular el factor de utilización. En la siguiente tabla se puede obtener el factor de utilización a partir de los datos obtenidos. Sin embargo, en esta ocasión será necesario interpolar.

Tabla 3: Factor de utilización.

Índice del local, K	Factor de utilización, η								
	Factor de reflexión del techo								
	0,7			0,5			0,3		
	Factor de reflexión de las paredes								
	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
1	0,28	0,22	0,16	0,25	0,22	0,16	0,26	0,22	0,16
1,2	0,31	0,27	0,20	0,30	0,27	0,20	0,30	0,27	0,20
1,5	0,39	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26	0,36	0,33	0,26
2	0,45	0,40	0,35	0,44	0,40	0,35	0,44	0,40	0,35
2,5	0,52	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41	0,49	0,46	0,41
3	0,54	0,50	0,45	0,53	0,50	0,45	0,53	0,50	0,45
4	0,61	0,56	0,52	0,59	0,56	0,52	0,58	0,56	0,52
5	0,63	0,60	0,56	0,63	0,60	0,56	0,62	0,60	0,56
6	0,68	0,63	0,60	0,66	0,63	0,60	0,65	0,63	0,60
8	0,71	0,67	0,64	0,69	0,67	0,64	0,68	0,67	0,64
10	0,72	0,70	0,67	0,71	0,70	0,67	0,71	0,70	0,67

A continuación, se lleva a cabo una interpolación lineal que queda definida por la siguiente expresión:

$$\text{Factor de utilización}(\eta) = \frac{(\eta_{\text{siguiente}} - \eta_{\text{anterior}}) \cdot (K - K_{\text{anterior}})}{K_{\text{siguiente}} - K_{\text{anterior}}} + \eta_{\text{anterior}}$$

$$\eta = \frac{(0.49 - 0.44) \cdot (2.08 - 2)}{(2.5 - 2)} + 0.44 = 0.45$$

Para el factor de mantenimiento (fm) está relacionado con el grado de suciedad medioambiental y el cuidado de la limpieza del local. Para la estimación de este parámetro se ha considerado que el aula se encuentra en un ambiente limpio que coincide con el valor de factor de mantenimiento igual a 0.8. [8]

La obtención de los factores anteriores nos permite calcular el flujo luminoso total necesario, previamente definido, el cual se puede calcular a partir de la siguiente expresión:

$$\phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} = \frac{300 \cdot 6 \cdot 8}{0.45 \cdot 0.8} = 40197.22 \text{ lúmenes}$$

Donde:

ϕ_T = Flujo luminoso total.

E = Iluminancia media.

S = Superficie del plano de trabajo.

η = Factor de utilización.

f_m = Factor de mantenimiento

Para el cálculo del número de luminarias a parte del flujo luminoso total es necesario conocer que flujo luminoso nos aporta cada lámpara. Para ello, se ha escogido la lámpara lineal led “MIR LED” de la marca Glamox, de longitud 130 cm con una potencia de 35 W y un flujo luminoso de 5040 lúmenes.



Figura 9: A la izquierda, luminaria elegida, a la derecha su emisión angular de luz.

El número de luminarias se calcula como:

$$N = \frac{\phi_T}{n \cdot \phi_L} = \frac{40197.22}{1 \cdot 3300} = 12,18 \approx 12 \text{ luminarias}$$

Donde:

ϕ_T = Flujo luminoso total.

n = Número de lámparas por luminaria.

ϕ_L = Flujo luminoso de la lámpara escogida.

Finalmente, una vez calculado el número de luminarias a instalar, se calculará el emplazamiento de las luminarias para así repartirlas a lo largo de la superficie de trabajo de la manera más adecuada posible. Para ello, calcularemos el número de luminarias necesarias a lo ancho y a lo largo de las aulas:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{largo} \cdot ancho} = \sqrt{\frac{12.18}{8} \cdot 6} = 3.02 \approx 3 \text{ luminarias}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{largo}{ancho}\right) = 3.02 \cdot \left(\frac{8}{6}\right) = 4.03 \approx 4 \text{ luminarias}$$

Donde:

N = Número de luminarias.

El resultado final gráfico que obtenemos del método de los lúmenes se muestra en la siguiente figura.

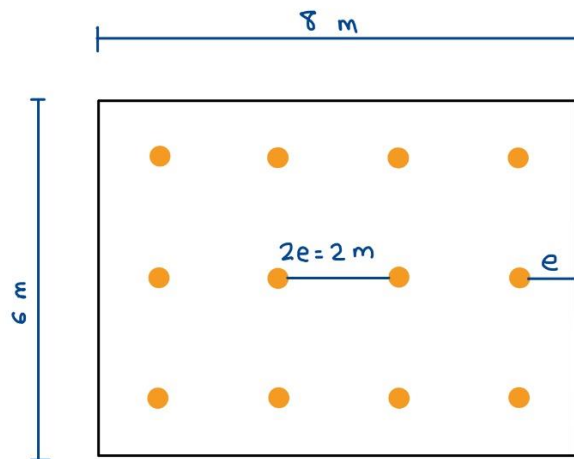


Figura 10: Distribución obtenida a partir del método de lúmenes.

Es importante remarcar que el método de los lúmenes considera la lámpara como un emisor de luz puntuales para realizar los cálculos. Sin embargo, se ha elegido una luminaria en forma de tubo alargada LED debido a su conveniencia. Debido a que la naturaleza de la luminaria elegida no es puntual se procede a realizar una adaptación del resultado obtenido en el cual se pasa de 12 luminarias puntuales teóricas a 6 lámparas LED de tubo con la siguiente distribución:

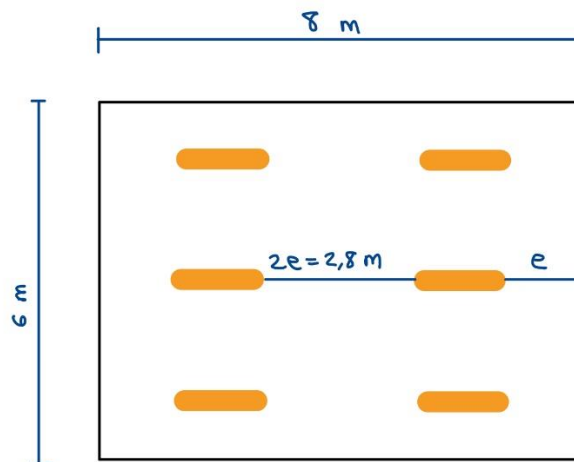


Figura 11: Resultado final de la distribución por el método de los lúmenes.

2.1.3. DIALux

DIALux es un software desarrollado por la empresa alemana DIAL GmbH, este programa se emplea para realizar estudios de iluminación mediante la planificación, el cálculo y la visualización de los diferentes parámetros lumínicos en áreas interiores y exteriores. Su versatilidad permite llevar a cabo proyectos desde una habitación al de un edificio, estacionamiento o incluso alumbrado público. [9]

Los cálculos realizados con el método de los lúmenes son una buena herramienta para tener una idea de los parámetros más importantes en el diseño. Sin embargo, en este proyecto se ha considerado que era necesario realizar un estudio con el programa DIALux puesto que este software permite dar una solución más precisa.

A continuación, se van a mostrar los resultados lumínicos obtenidos por el programa a partir de las dimensiones de los locales y sus restricciones lumínicas. Para cumplir con las especificaciones de seguridad, es importante que el nivel de iluminancia medio sobrepase el mínimo establecido por la norma UNE 12464.1 Entre los resultados se adjuntara para cada local:

- Mapa de isolíneas lumínicas.
- Numeración y posición de luminarias.
- Tabla de localización espacial.

Es importante destacar que por razones de simplicidad y robustez se ha decidido elegir para todos los locales la misma luminaria escogida en el método de los lúmenes desarrollado en el apartado anterior y que su montaje es fijo en techo. Por otro lado, las luminarias que se localizan en el campo de fútbol son distintas y serán descritas más adelante en el documento.

Aulas

Para las aulas ha sido necesario asegurar una iluminancia media mayor de 300 lux. Con este criterio se ha escogido el número de luminarias. Además, se puede observar que el conjunto de las luminarias se encuentra levemente desplazadas para poder asegurar una mayor iluminación en la pizarra de la clase. En las siguientes imágenes y tablas se muestran los resultados obtenidos con DIALux:

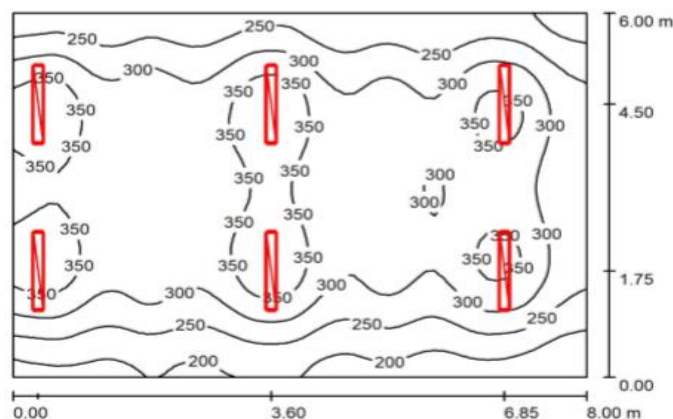


Figura 12: Mapa de isolíneas de lux en las aulas.

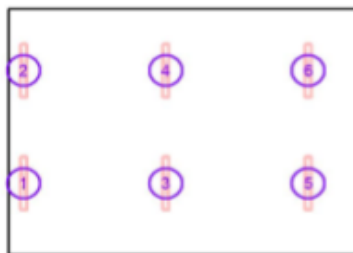


Figura 13: Distribución de las luminarias en las aulas.

Tabla 4: Coordenadas de las luminarias en las aulas.

Aula			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	0,35	1,75	3
2	0,35	4,5	3
3	3,6	1,75	3
4	3,6	4,5	3
5	6,85	1,75	3
6	6,85	4,5	3

Enfermería

Se ha dispuesto de una iluminancia media de 350 lux para que se puedan llevar a cabo diferentes labores de enfermería con mayor precisión. Las siguientes imágenes y tablas corresponden con los resultados obtenido por DIALux:

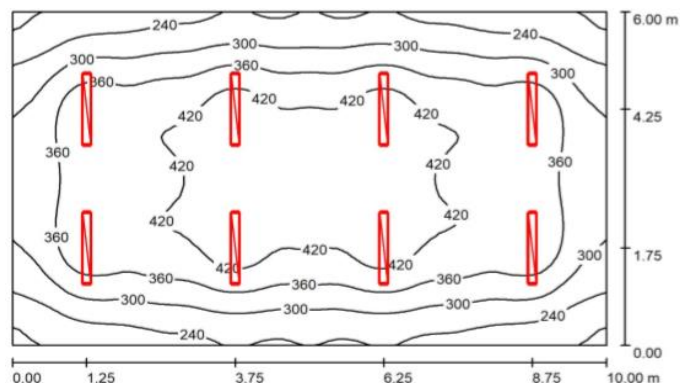


Figura 14: Mapa de isótopas de lux en la enfermería.

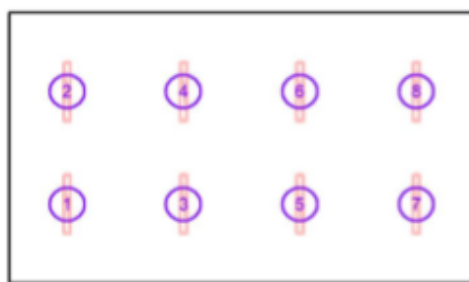


Figura 15: Distribución de las luminarias en la enfermería.

Tabla 5: Coordenadas de las luminarias en la enfermería.

Enfermería			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	1,25	1,75	3
2	1,25	4,25	3
3	3,75	1,75	3
4	3,75	4,25	3
5	6,25	1,75	3
6	6,25	4,25	3
7	8,75	1,75	3
8	8,75	4,25	3

Biblioteca

Para asegurar un correcto ambiente de estudio se ha elegido que la iluminancia en el plano de trabajo sea mayor de 400 lux. Además, se puede observar que si la disposición de las mesas de trabajo coincidiese con la distribución de las luminarias se podría lograr una iluminación de hasta 500 lux en la mesa de estudio. A continuación, se muestran los resultados obtenidos con DIALux.

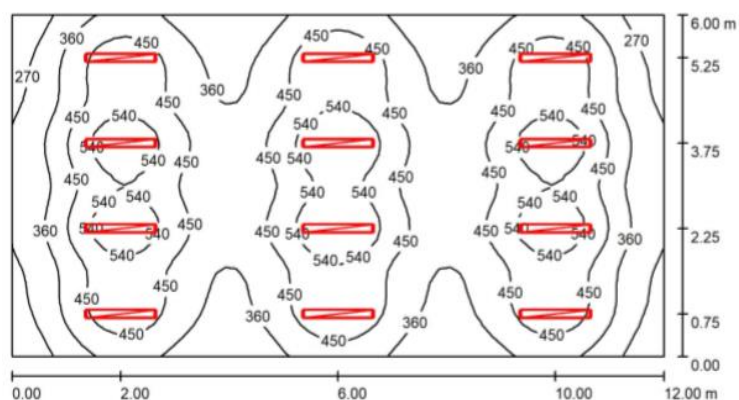


Figura 16: Mapa de isolíneas de lux en la biblioteca.



Figura 17: Distribución de las luminarias en la biblioteca.

Tabla 6: Coordenadas de las luminarias en la biblioteca.

Biblioteca			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	2	0,75	3
2	2	2,25	3
3	2	3,75	3
4	2	5,25	3
5	6	0,75	3
6	6	2,25	3
7	6	3,75	3
8	6	5,25	3
9	10	0,75	3
10	10	2,25	3
11	10	3,75	3
12	10	5,25	3

Despachos

Se tienen un total de tres despachos los cuales se han equipado con dos luminarias por habitación. Los resultados obtenidos por DIALux se muestran a continuación:

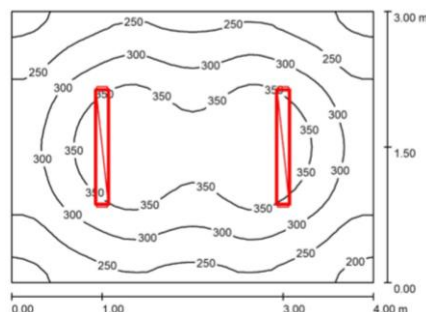


Figura 18: Mapa de isótopas de lux en los despachos.

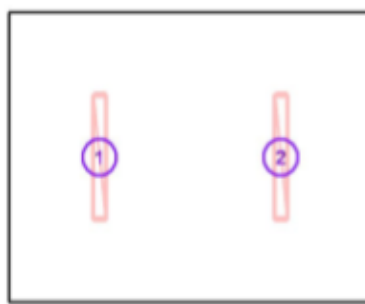


Figura 19: Distribución de las luminarias en los despachos.

Tabla 7: Coordenadas de las luminarias en los despachos.

Despacho			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	1	1,5	3
2	3	1,5	3

Oficinas

Se ha dotado con dos luminarias cada una de las seis oficinas. El resultado obtenido por el programa DIALux es el siguiente:

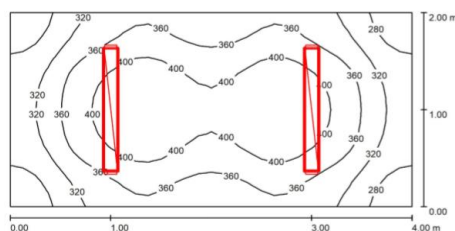


Figura 20: Mapa de isótopas de lux en las oficinas.

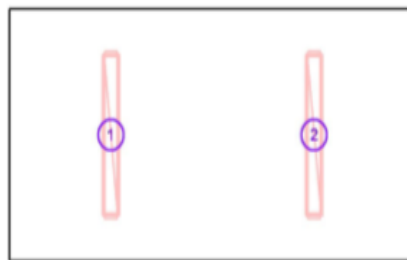


Figura 21: Distribución de las luminarias en las oficinas.

Tabla 8: Coordenadas de las luminarias en las oficinas.

Nº Luminaria	Oficina		
	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	1	1	3
2	3	1	3

Baño 1

Los resultados obtenidos para el Baño 1 por el programa DIALux se exponen a continuación:

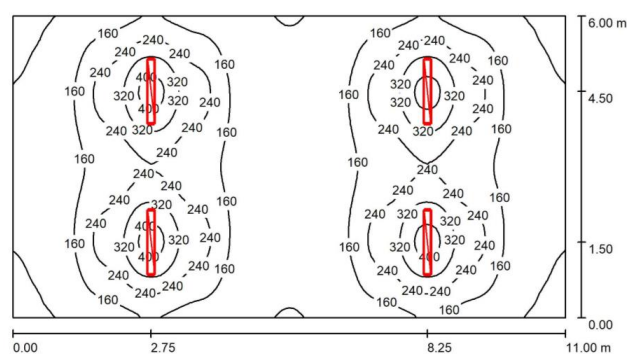


Figura 22: Mapa de isolíneas de lux en el baño 1.

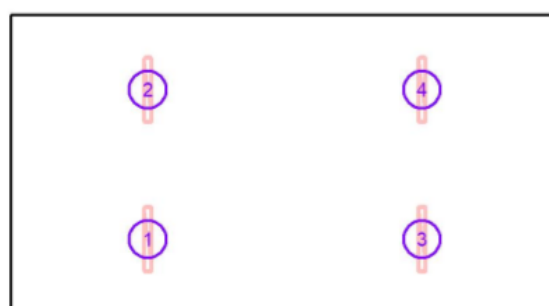


Figura 23: Distribución de las luminarias en el baño 1.

Tabla 9: Coordenadas de las luminarias en el baño 1.

Baño 1			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	2,75	1,5	2,5
2	2,75	4,5	2,5
3	8,25	1,5	2,5
4	8,25	4,5	2,5

Baño 2

Los resultados obtenidos para el Baño 2 por el programa DiaLux se exponen a continuación:

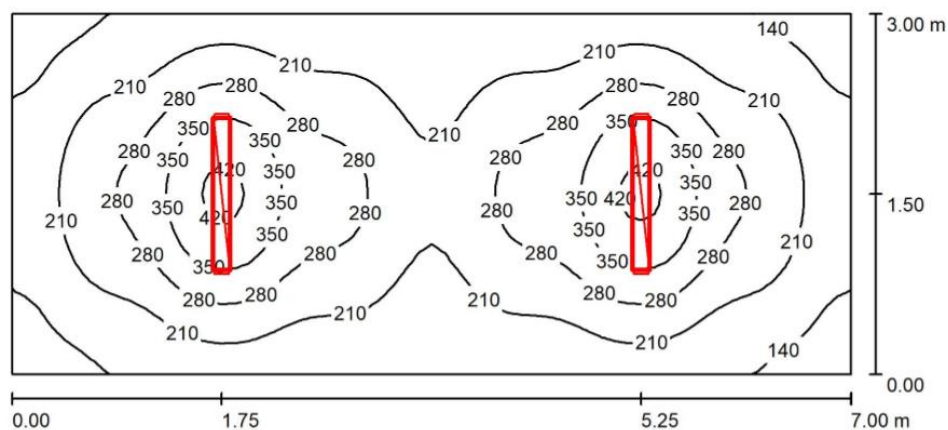


Figura 24: Mapa de isolíneas de lux en el baño 2.

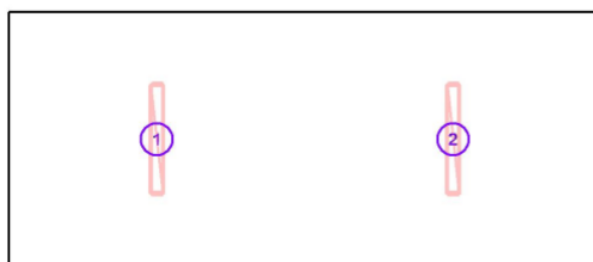


Figura 25: Distribución de las luminarias en el baño 2.

Tabla 10: Coordenadas de las luminarias en el baño 2.

Baño 2			
Nº Luminaria	X[m]	Y[m]	Z[m]
1	2,75	1,5	2,5
2	2,75	4,5	2,5

Campo de fútbol sala

Se ha decidido iluminar el campo de fútbol sala en función de la eficiencia y la energía consumida. Se han escogido 8 luminarias de 240 W cada una con un flujo luminoso por lámpara de 28.800 lúmenes.



A diferencia de los locales anteriormente expuestos, en el campo de fútbol las luminarias se encuentran situadas en cuatro postes, dos focos por cada poste, a una altura de ocho metros. En este caso, se especificará no solo la posición sino la orientación de cada foco para poder obtener los resultados que se han calculado con el programa DIALux:

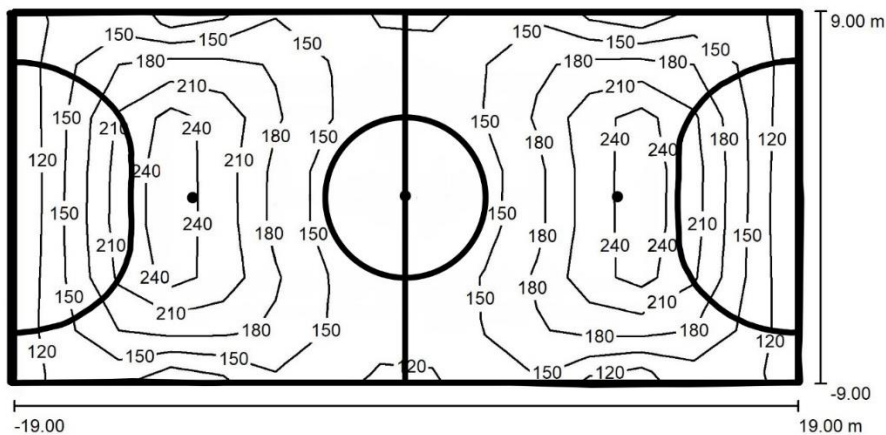


Figura 26: Mapa de isolíneas de lux en el campo de fútbol sala.

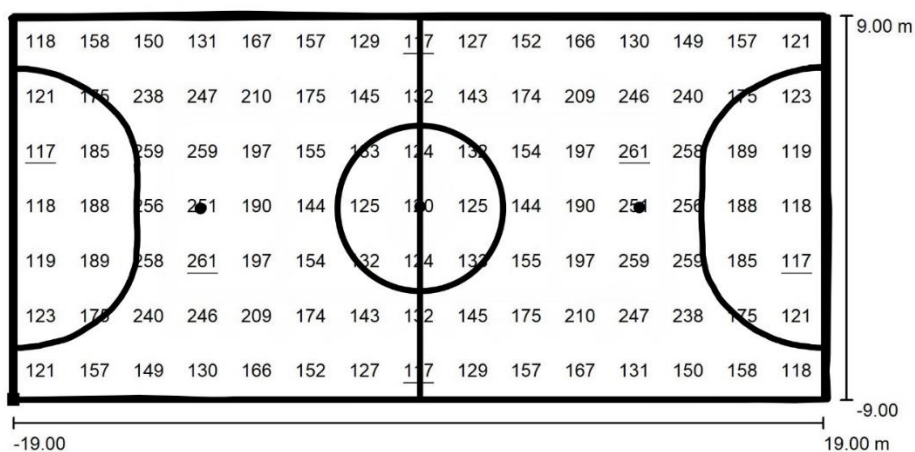


Figura 27: Mapa de los valores medios de lux en el campo de fútbol sala.

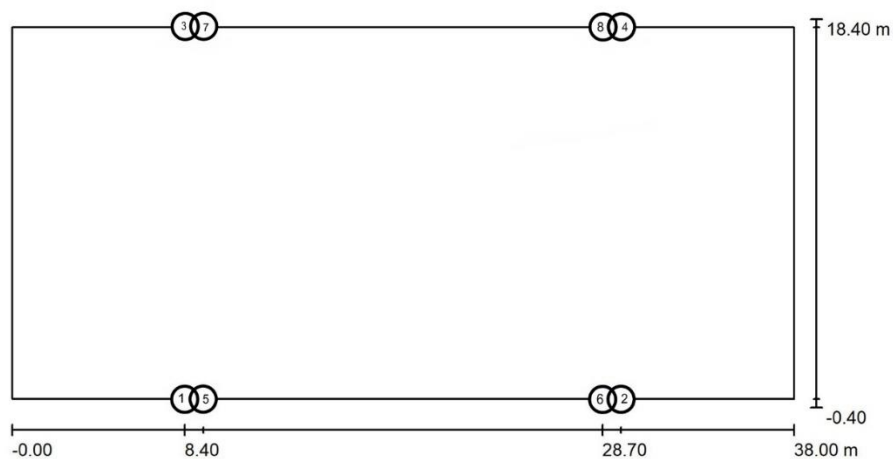


Figura 28: Distribución de las luminarias en el campo de fútbol.

Tabla 11: Coordenadas de las luminarias en el campo de fútbol.

Campo de fútbol						
Nº Luminaria	Posición			Rotación		
	X[m]	Y[m]	Z[m]	X[°]	Y[°]	Z[°]
1	8,4	0	8	0	-44,1	141,3
2	29,6	0	8	0	-44,1	38,7
3	8,4	18	8	0	-44,1	-141,3
4	29,6	18	8	0	-44,1	-38,7
5	9,3	0	8	0	-39,1	60,5
6	28,7	0	8	0	-39,1	119,5
7	9,3	18	8	0	-39,1	-60,5
8	28,7	18	8	0	-39,1	-119,5

Potencia nominal

En la siguiente tabla se recoge el número de luminarias por cada local y su potencia nominal activa reactiva y aparente. Es importante destacar que la potencia demandada por la instalación será menor debido a que más adelante en el proyecto se aplicarán factores de utilización y de simultaneidad.

Tabla 12: Potencia nominal de las luminarias de cada local dentro de la instalación.

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)	Potencia aparente(VA)
Aulas (x25)	6	35	5250	2542,69	5833,33
Enfermería	8	35	280	135,61	311,11
Biblioteca	12	35	420	203,42	466,67
Despacho (x3)	2	35	210	101,71	233,33
Oficinas (x6)	2	35	420	203,42	466,67
Baño 1	4	35	140	67,81	155,56
Baño 2	2	35	70	33,90	77,78
Campo de fútbol	4	240	960	464,95	1066,67
	4	240	960	464,95	1066,67

2.1.4. Tomas de fuerza

La instalación está dotada de tomas de fuerza monofásica para que sea posible conectar algunos dispositivos que puedan no estar incluidos en el proyecto como pueden ser cargadores de móvil, portátiles, etc.

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) la potencia de cada toma de fuerza será 3450 W. Sin embargo, el consumo real dependerá de la carga que se conecte a la toma de fuerza. Por ejemplo, si se conectase un cargador de móvil a la toma de fuerza, se estarían consumiendo alrededor de 5 W por hora, no 3450 W. Para tener en cuenta esta situación se escogerá y justificará más adelante un factor de utilización.

Potencia nominal

Otras de las características de las tomas de fuerza recogidas en el REBT es que la intensidad máxima admitida por una toma de fuerza monofásica es 16 amperios. En la siguiente tabla se muestra la distribución de tomas de fuerza, la potencia nominal activa, reactiva y aparente de las tomas de fuerza localizadas en los diferentes locales en los que se divide el colegio:

Tabla 13: Potencia nominal de las tomas de fuerza de la instalación.

Local	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)
Aulas (x25)	1	3450	3450	2587,50
Enfermería	4	3450	13800	10350,00
Biblioteca	5	3450	17250	12937,50
Despacho (x3)	2	3450	6900	5175,00
Oficinas (x6)	1	3450	3450	2587,50

Se ha dispuesto de una toma de fuerza por aula para que el profesor pueda hacer uso en caso de necesitarlo. Por otro lado, en el despacho se ha decidido distribuir 3 tomas de fuerza puesto que se prevé que las baterías estén en estas habitaciones haciendo necesario el uso de al menos una toma de fuerza para conectar un ventilador. El resto serán utilizadas para otras cargas como pueden ser ordenadores o impresoras. En la biblioteca y en la enfermería se han dispuesto más tomas de fuerza para que se pueden conectar dispositivos que faciliten tanto la educación como la atención médica.

2.1.5. Dispositivos

En este apartado se incluyen aquellos dispositivos los cuales se conoce cuál va a ser su consumo. El resto de los dispositivos, aunque no se muestren en esta sección, su consumo quedará reflejado en la energía consumida por las tomas de fuerza previamente desarrolladas.

Potencia nominal

Las dos cargas principales que tiene el sistema son la bomba hidráulica y los ventiladores. La bomba hidráulica es necesaria para poder impulsar el agua del pozo y poder almacenarla en un depósito situado a una altura determinada, mientras que los ventiladores son necesarios para expulsar al exterior los posibles gases tóxicos que puedan ser ocasionados por las baterías. A continuación, se muestra una tabla en la que se encuentra recogida la potencia nominal activa, reactiva y aparente de los dispositivos.

Tabla 14: Potencia nominal de los dispositivos de la instalación.

Dispositivo	Unidades	Potencia unitaria (W)	Potencia activa (W)	Potencia reactiva(Var)	Potencia aparente(VA)
Bomba hidráulica	1	728	728	0	728
Ventiladores	2	45	90	0	90

2.1.6. Demanda de Potencia

A partir de la potencia nominal calculado en el apartado anterior, es posible calcular la potencia demandada. Para ello, se deberá aplicar los factores de utilización y simultaneidad. A continuación, se definen ambos conceptos: [10]

Factor de Utilización: también conocido como factor de demanda, es la relación es el cociente entre la demanda máxima y la carga total del sistema.

Factor de simultaneidad: Este coeficiente representa la potencia simultánea que se da dentro de la instalación puesto que generalmente las cargas de una instalación no se encuentran en funcionamiento todas al mismo tiempo. En el REBT se puede encontrar los valores típicos en función de la carga.

Una vez definidos estos conceptos, es necesario realizar algunas hipótesis en función de los anteriores y el factor de potencia de las diferentes cargas del sistema eléctrico:

- Como se indica en la norma y TC-BT-09, para las cargas correspondientes al alumbrado se tomará un factor de potencia de 0,9.
- Todas las cargas de iluminación tendrán el mismo factor de utilización igual a la unidad debido a que las cargas de iluminación suelen funcionar en condiciones nominales.
- Para las cargas de iluminación, el factor de simultaneidad variará en función del local. Las aulas, la enfermería, la biblioteca, los despachos y las oficinas tendrán un factor de simultaneidad de 0,5, esto es debido a que no todo el tiempo estarán en uso dichas cargas. Por otro lado, tanto el baño 1 como el baño dos tendrán un factor de simultaneidad de 0,2. Finalmente, Los ocho focos del campo de fútbol tendrán un factor de simultaneidad de 0,1 debido a que solo se encontrarán encendidos media hora al día.

- Para las tomas de fuerzas, atendiendo a las indicaciones de la ITC-BT-25 del REBT, se toma una potencia activa de 3450 W. Dicha norma, también especifica el factor de potencia elegido deberá ser igual a 0,8.
- El factor de utilización de las tomas de fuerza será igual a 0,1 ya que estas no funcionan generalmente a potencia nominal. Además, su factor de simultaneidad también será 0,1 Según la previsión de uso de estas.
- Para la bomba hidráulica y para los ventiladores se ha escogido un factor de utilización igual a uno debido a que funcionan en condiciones nominales. Además, se ha elegido un factor de simultaneidad igual a uno para ambas cargas ya que se encuentran funcionando 5 horas.
- Para los dispositivos previamente mencionados, se ha escogido un factor de potencia igual a uno.

Si sumamos las potencias después de aplicar los factores de utilización, simultaneidad y potencia, previamente explicados y escogidos, se obtiene la siguiente demanda de potencia:

Tabla 15: Demanda total de la instalación.

Demanda de potencia		
Potencia activa total (W)	Potencia reactiva total (VAr)	Potencia aparente total (VA)
5929	2897	6598,91

2.1.7. Consumo de energía

Para poder obtener el consumo de energía, es necesario describir el perfil de consumo que va a tener la instalación eléctrica. El diseño de las cargas del sistema se ha realizado para que tanto la iluminación como las tomas de fuerza y los dispositivos, A excepción de la bomba hidráulica, sean usados cuando no haya luz solar.

Se recuerda que el propósito de esta instalación reside en proporcionar una infraestructura para que los alumnos puedan recibir clases una vez que no haya Iluminación natural. Por esta razón, se ha determinado que los dispositivos anteriormente mencionados funcionarán durante cinco horas. Esto permitirá que se impartan las clases y que los alumnos puedan disfrutar también de los descansos. Por otro lado, el funcionamiento de la bomba hidráulica, Será en periodos En los que haya luz natural, estando en funcionamiento hasta un total de seis horas. En la siguiente tabla, se muestra el cálculo de la energía total del consumo en un día.

Tabla 16: Consumo diario de la instalación.

Cargas	Potencia activa [W]	Horas de funcionamiento [h]	Energía [Wh]
Iluminación Aulas	2625	5	13125
Iluminación Enfermería	140	5	700
Iluminación Biblioteca	210	5	1050
Iluminación Despachos	105	5	525
Iluminación Oficinas	210	5	1050
Iluminación Baño 1	28	5	140
Iluminación Baño 2	14	5	70
Iluminación Campo de fútbol	96	5	480
	96	5	480
Tomas de fuerza Aulas	862,5	5	4312,5
Tomas de fuerza Enfermería	138	5	690
Tomas de fuerza Biblioteca	172,5	5	862,5
Tomas de fuerza Despachos	207	5	1035
Tomas de fuerza Oficinas	207	5	1035
Bomba hidráulica	728	6	4368
Ventiladores	90	5	450
TOTAL			30373

Una vez calculado el consumo de energía de la instalación eléctrica a lo largo de un día, es necesario cuantificar las pérdidas que se producen en los diferentes dispositivos que componen el sistema. Para ello se ha calculado un rendimiento global, que a su vez quedará definido por los rendimientos típicos de los diferentes componentes electrónicos que conforman la instalación eléctrica como se muestra continuación:

$$R = (1 - r_b - r_i - r_r - r_o) \cdot (1 - r_a \cdot \frac{D}{P_{d,max}})$$

Donde:

r_b = Factor de pérdidas de la batería.

r_i = Factor de pérdidas del inversor.

r_r = Factor de pérdidas de los reguladores.

r_o = Otras pérdidas. Pérdidas producidas por el efecto Joule.

r_a = Factor de pérdidas por auto descarga de baterías.

D = Dias de autonomía Se ha escogido 1 día debido a las limitaciones del proyecto.

$P_{d,max}$ = Profundidad máxima de descarga de las baterías. Se ha escogido una profundidad descarga del 70 % debido a que la batería usada es estacionaria.

En la siguiente imagen se muestra una recopilación de los valores predefinidos y los elegidos para calcular el rendimiento global:

Tabla 17: Rendimientos de los dispositivos del sistema. [11]

Pérdidas en el proceso de acumulación 0,05 Acumuladores nuevos, sin descargas intensas 0,1 Acumuladores viejos, descargas intensas	Otras pérdidas no consideradas 0,1 Si no se han tenido en cuenta pérdidas en cableado y equipos 0,05 Si se ha realizado un estudio detallado de pérdidas
Pérdidas en el controlador de carga 0,1 Controlador de carga eficiente 0,15 Controlador de carga antiguo, poco eficiente	Profundidad de descarga máxima admisible 0,9 Batería descargada hasta el 90% 0,8 Batería descargada hasta el 80% 0,7 Batería descargada hasta el 70% 0,6 Batería descargada hasta el 60% 0,5 Batería descargada hasta el 50% 0,4 Batería descargada hasta el 40% 0,3 Batería descargada hasta el 30%
Autodescarga de la batería 0,002 Baterías de baja autodescarga, sin mantenimiento 0,005 Baterías estacionarias de energía solar 0,012 Baterías de alta autodescarga	
Pérdidas por el rendimiento del inversor 0 No hay inversor en la instalación 0,05 Rendimiento inversor 95% 0,1 Rendimiento inversor 90% 0,15 Rendimiento inversor 85% 0,2 Rendimiento inversor < 85%	Número de días de autonomía 3 Vivienda fines de semana 5 Vivienda habitual 15 Instalaciones especiales con servicio prioritario 20 Instalaciones especiales alta fiabilidad

Por lo tanto, el rendimiento global será:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,1 - 0,05) \cdot \left(1 - 0,005 \cdot \frac{1}{0,7}\right) = 0,74464$$

Para poder calcular el consumo total corregido se realizará el cociente entre el consumo total previamente calculado y el rendimiento global. Este nuevo consumo será el necesario para poder suministrar la energía necesaria al sistema habiendo considerado las pérdidas globales del sistema.

$$E_{total\ corregida} = \frac{30373}{0,74464} = 40788,68\ Wh$$

El cálculo del rendimiento del sistema se pueda calcular también aplicando un coeficiente de seguridad del 20 %. Sin embargo, en este proyecto se ha decidido llevar a cabo el método anteriormente expuesto ya que se ha considerado que es más riguroso y ha resultado también ser más conservador.

2.2. Dimensionamiento del generador

El cálculo del generador se puede realizar con diferentes métodos como el criterio del peor mes, el criterio de máxima captación energética anual, el método de los amperios-hora... Para este proyecto debido a su robustez se ha elegido aplicar el criterio del mes peor por el cual se dimensiona la instalación para poder suministrar energía en el mes con menor radiación solar.

En el cálculo de la potencia del generador es muy importante saber si el regulador de la carga está dotado de la tecnología “Maximum Power Point Tracker” (MPPT). Aunque en este documento aún no se ha descrito ni he elegido el controlador de potencia, se dispone que el regulador elegido contará con esta característica. Por tanto, el generador escogido trabajará en su punto de máxima potencia en las condiciones estándares.

Criterio del peor mes

En primer lugar, se deberá calcular los valores de radiación que serán recibidos cada mes en con las diferentes inclinaciones de las placas fotovoltaicas. Es habitual encontrar las unidades de radiación en Horas Solares Pico (HPS) o en $\frac{kWh}{m^2}$.

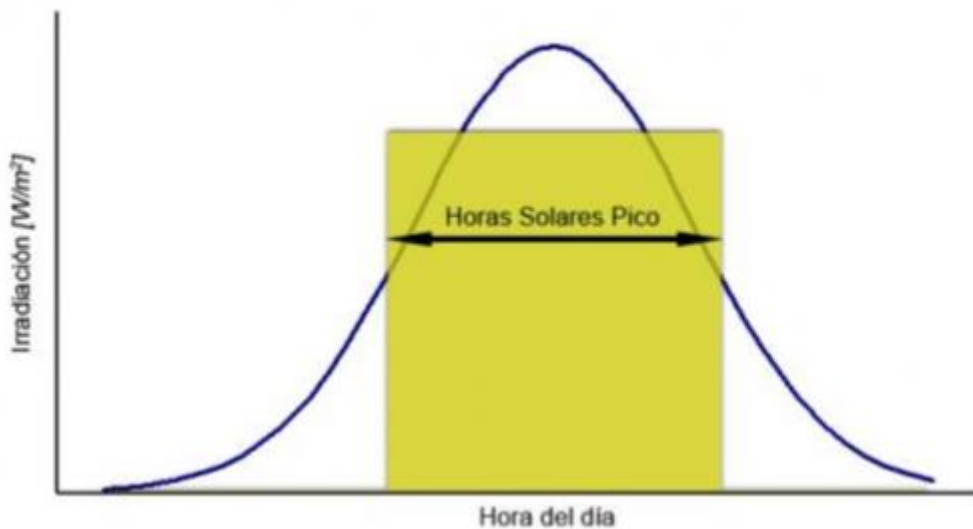


Figura 29. Representación del concepto de las horas de sol pico. [12]

Las Horas Solares Pico es una medida de las horas netas en las que el panel solar podría recibir una irradiancia constante de $1000 \frac{W}{m^2}$. Para consultar la irradiancia que tenía el colegio de San Francisco Javier se ha consultado a través de la herramienta PVGIS facilitada por la Comisión Europea, se ha introducido una latitud de 12.01° y una longitud de 15.14° .

Tabla 18: Irradiancia en la localización del proyecto.

kWh/m ²	0°	10°	15°	20°	25°	30°
Enero	223,85	236,58	258,05	266,57	273,49	278,72
Febrero	197,15	204,65	216,07	219,88	222,36	223,46
Marzo	212,06	215,26	218,17	217,83	216,26	213,46
Abril	218,1	217,15	211,76	207,32	201,78	195,08
Mayo	207	203,38	192,96	186,24	178,61	170
Junio	165,25	161,76	152,49	146,75	140,3	133,17
Julio	164,89	161,96	153,87	148,73	142,89	136,38
Agosto	174,08	172,66	167,28	163,32	158,54	152,94
Septiembre	186,62	188,03	187,89	186,31	183,71	180,1
Octubre	204,94	210,93	219,32	221,61	222,59	222,23
Noviembre	189,51	199,45	215,76	221,97	226,8	230,19
Diciembre	183,4	194,99	214,71	222,66	229,24	234,3

Como se puede observar en la tabla anterior donde se muestra la irradiancia media mensual, los valores mayores dentro de los meses que reciben menos irradiación, en este caso Julio, se encuentran en las inclinaciones de 0° y 10°. Esto se debe a que Chad se encuentra muy cerca del ecuador y a medida que nos acerquemos la inclinación óptima será 0°. Sabiendo que una HSP equivale a $1 \frac{kWh}{m^2}$ y los días que tiene cada mes, podemos obtener la tabla anterior que nos muestre las HSP medias diarias para cada mes del año:

Tabla 19: Horas de sol pico en la localización del proyecto.

HSP	0°	10°	15°	20°	25°	30°
Enero	7,22	7,63	8,32	8,60	8,82	8,99
Febrero	6,80	7,06	7,45	7,58	7,67	7,71
Marzo	6,84	6,94	7,04	7,03	6,98	6,89
Abril	7,27	7,24	7,06	6,91	6,73	6,50
Mayo	6,68	6,56	6,22	6,01	5,76	5,48
Junio	5,51	5,39	5,08	4,89	4,68	4,44
Julio	5,32	5,22	4,96	4,80	4,61	4,40
Agosto	5,62	5,57	5,40	5,27	5,11	4,93
Septiembre	6,22	6,27	6,26	6,21	6,12	6,00
Octubre	6,61	6,80	7,07	7,15	7,18	7,17
Noviembre	6,32	6,65	7,19	7,40	7,56	7,67
Diciembre	5,92	6,29	6,93	7,18	7,39	7,56

De esta tabla podemos extraer que la inclinación óptima para las placas fotovoltaicas de la instalación es 0°. La razón de esta selección reside en que, si se toma el mes con menos radiación o mes crítico, en este caso Julio, se obtiene una mayor radiación media diaria que para cualquiera de las otras inclinaciones. Esto supone que se tendrá que dimensionar nuestro generador para que a partir de esa radiación pueda suministrar toda la demanda que pueda haber diariamente. Como es lógico para cualquier otro mes del año, la instalación estará ligeramente sobredimensionada. Sin embargo, al no haber red eléctrica disponible o generador alternativo, esta es la única solución para asegurar el suministro.

La elección de instalar los paneles fotovoltaicos a 0° supone una ventaja al no tener que instalarse una estructura de montaje. Además, el posicionamiento horizontal supone una mayor seguridad frente a fenómenos atmosféricos como es el caso de fuertes vientos que pudiesen poner en peligro la instalación.

El siguiente paso consistirá en calcular el número de paneles fotovoltaicos. Para ello, es necesario calcular las HSP, calculadas previamente y las características del panel fotovoltaico policristalino CS3W-405P de la marca Canadian Solar elegido que se muestran a continuación:



Figura 30: Panel HiKu 405 W de la marca Canadian Solar.

Es importante conocer el significado de las siguientes características:

- Voltaje en circuito abierto: Es la tensión en bornes cuando el panel fotovoltaico se encuentre recibiendo radiación y no esté conectado a ninguna carga.
- Intensidad de cortocircuito: Es la intensidad máxima que atravesará el panel fotovoltaico en el caso de que se cortocircuiten sus terminales.

Tabla 20: Características principales del panel fotovoltaico HiKu 405 W.

Concepto	Cantidad	Magnitud
Potencia nominal	405	W
Tolerancia	1,23	%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	47,4	V
Voltaje de máxima potencia (Vmpp)	38,9	V
Intensidad de cortocircuito (Isc)	10,98	A
Intensidad de máxima potencia (Impp)	10,42	A
Área	2,21	m ²
Eficiencia	18,3	%

A partir del voltaje y la intensidad de máxima potencia, podemos calcular el punto de máxima potencia en situación estándar como:

$$P_{mpp} = U_{mpp} \cdot I_{mpp} = 38,9 \cdot 10,43 = 405,73 \text{ W}$$

Una vez calculada la potencia de operación, es posible calcular el número total necesario de paneles fotovoltaicos para suministrar la demanda diaria de la instalación con la siguiente expresión:

$$N_{total} = \frac{CMD}{P_{mpp} \cdot G_d} = \frac{40788,68}{405,73 \cdot 5,32} = 18,9 \text{ paneles} \approx 19 \text{ paneles}$$

Donde:

CMD = Consumo Medio Diario. [Whoras]

P_{mpp} = Potencia máxima. [W]

G_d = Radiación diaria media mínima en HSP. [horas]

Se redondea a la unidad siguiente para asegurar el suministro. Este número no es definitivo debido a que dependerá del número que es necesario instalar en serie, número que se extrae de la siguiente expresión:

$$N_{serie} = \frac{V_{batería}}{U_{mpp}} = \frac{48}{38,9} = 1,23 \text{ paneles} \approx 2 \text{ paneles en serie}$$

Donde:

$V_{batería}$ = Tensión nominal de la batería. [V]

Por segunda vez consecutiva, se redondea obteniendo el número definitivo de paneles en serie. De esta manera, se puede calcular el número final de paneles en paralelo:

$$N_{paralelo} = \frac{N_{total}}{N_{serie}} = \frac{19}{2} = 9,5 \text{ paneles} \approx 10 \text{ paneles}$$

Por tanto, el número de paneles definitivo incrementa en una unidad para poder cumplir con los requisitos de la instalación eléctrica:

$$N_{total} = N_{serie} \cdot N_{paralelo} = 2 \cdot 10 = 10 \text{ paneles}$$

2.3. Dimensionamiento del almacenamiento

El primer paso para calcular el almacenamiento de una instalación es calcular la capacidad de esta. Para ello, es necesario conocer el consumo medio diario, los días de autonomía, la profundidad de descarga y la tensión del sistema. A continuación, se definen estos conceptos:

La capacidad necesaria es la cantidad de energía que debe entregar el conjunto de las baterías a la instalación. Siendo la capacidad de la batería la energía capaz de entregar en un ciclo de descarga. La capacidad de una batería se mide generalmente en Ah. Por otro lado, las baterías también tienen voltaje nominal, dato que será necesario para calcular la distribución y el número de baterías necesario para poder tener un sistema con 48 V.

Los días de autonomía son el número de días que podría el sistema de almacenamiento suministrar la energía en ausencia completa de radiación. Se ha elegido que la instalación tenga tan solo 1 día de autonomía debido a que es suficiente y el suponer más días encarecería demasiado el presupuesto final.

La profundidad de descarga es el nivel mínimo de carga que debe tener una batería para que la vida útil de la batería no se vea reducida. La vida útil de las baterías se mide por el número de ciclos que puede suministrar energía, este número dependerá de la profundidad de descarga. Por esta razón, los fabricantes indican la vida útil de las baterías en ciclos de descarga en función de la profundidad de descarga. Además, este parámetro estará relacionado con el tipo de batería que se elija.

Una vez calculados y estimados estos parámetros se puede proceder en el cálculo de la capacidad necesaria:

$$Capacidad = \frac{CMD \cdot \text{días de autonomía}}{P_{descarga} \cdot U_{sistema}} = \frac{40788,68 \cdot 1}{0,7 \cdot 48} = 1213,95 \text{ Ah}$$

Donde:

$P_{descarga}$ = Profundidad de descarga. [%]

$U_{sistema}$ = Tensión del sistema. [V]

Para calcular la distribución de las baterías, previamente es necesario saber que tipo y modelo de batería se va a utilizar. Ese ha decidido escoger baterías estacionarias de plomo debido a tres razones. En primer lugar, su ratio de capacidad precio es mayor que el de otras tecnologías como puede ser las baterías de litio, en segundo lugar, este tipo de batería se suele ha utilizado en proyectos de características semejantes y finalmente, las baterías elegidas son robustas, característica necesaria dadas las condiciones del emplazamiento de la instalación.

El modelo de batería escogido es la Ultracell UZS600 con una capacidad de 600Ah y una tensión nominal de 6V

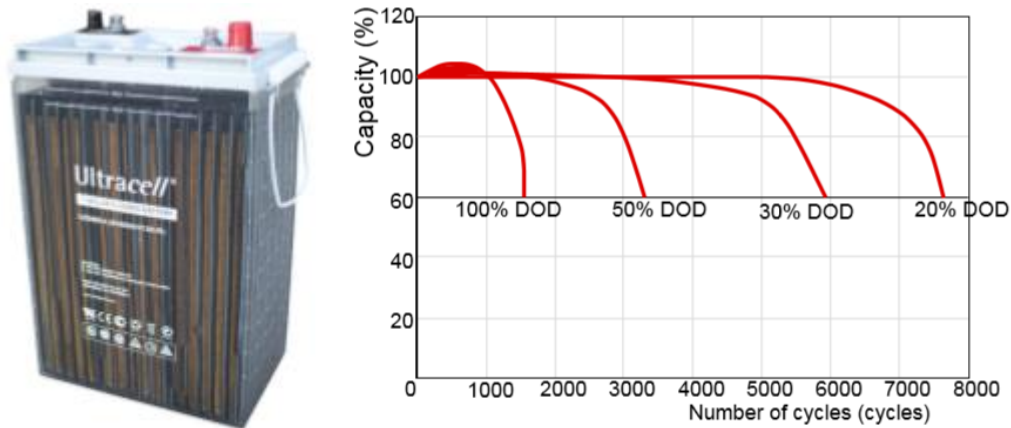


Figura 31: A la izquierda la batería Ultracell, a la derecha el nº de ciclos en función de su profundidad de descarga.

Tabla 21: Características principales de la batería Ultracell UZS600.

Concepto	Cantidad	Magnitud
Voltaje	6	V
Capacidad	600	Ah
Profundidad de descarga	0,7	%

El cálculo de número de baterías tiene que satisfacer dos necesidades. Por un lado, tiene que coincidir con la tensión de la instalación (48 V), de esta manera, es sencillo deducir que serán necesarias 8 baterías en serie:

$$\text{número de baterías en serie} = \frac{U_{\text{sistema}}}{U_{\text{batería}}} = \frac{48}{6} = 8 \text{ baterías}$$

Por otro lado, hay que asegurar que el conjunto de las baterías nos aporta la energía necesaria. Por este motivo, la suma de la capacidad de las baterías en paralelo deberá de cubrir la capacidad previamente calculada:

$$\text{número de baterías en paralelo} = \frac{\text{Capacidad}}{\text{Capacidad de batería}} = \frac{1213,95}{600} = 2,02 \approx 2$$

Se aproxima a 2 filas de baterías puesto que no es eficiente instalar un conjunto más de baterías por un desvío de esa magnitud. La configuración del almacenamiento final estará formada por un total de 16 baterías que se distribuirán en dos filas en paralelo de 8 baterías cada una.

2.4. Dimensionamiento del regulador de tensión

La función del regulador de tensión consiste en controlar y proteger frente a la carga y la descarga que se producen en las baterías. De esta manera, consigue aumentar significativamente la vida útil de estas. Otro de los efectos que impide es que el flujo de energía no fluya en sentido opuesto y también aporta información necesaria a cerca del estado de las baterías.

En la elección del regulador de tensión se deben tener en cuenta la corriente y la tensión máximas a la entrada del dispositivo. Estas magnitudes estarán marcadas por el generador escogido como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 22: Corrientes y voltajes máximas a la entrada del regulador de tensión.

Concepto	Cantidad	Magnitud
Voltaje en circuito abierto (Voc)	94,8	V
Voltaje de máxima potencia (Vmpp)	77,8	V
Intensidad de cortocircuito (Isc)	109,8	A
Intensidad de máxima potencia (Impp)	104,2	A
Potencia máxima	8100	W

La primera característica que se tiene que considerar es que la tensión de la instalación es de 48 V. La tensión de trabajo del regulador de tensión escogido tendrá que ser compatible con este voltaje. Además, el dispositivo elegido tiene que poder soportar la intensidad máxima que pueda producirse en el generador fotovoltaico, en este caso, tendría que aguantar la intensidad de cortocircuito de los paneles, siendo esta una corriente de magnitud 109,8 A como se muestra en la tabla anterior. En tercer lugar, para no desaprovechar la potencia producida por el generador, la potencia del regulador de tensión ha de ser mayor. En el caso de que fuera menor, se estaría produciendo una ineficiencia en el sistema y se estaría malgastando potencia instalada.

Se ha decidido elegir el modelo 150/85 de la marca Victron que cuenta con MPPT lo que permite que el generador trabaje en el punto de máxima potencia. Sus características más importantes se recogen en a continuación:

Tabla 23: Regulador de tensión Victron 150/95 VE.Can.



Tabla 24: Características principales del regulador de tensión Victron 150/85 VE.Can.

Concepto	Cantidad	Magnitud
Potencia máxima	4900	W
Voltaje en circuito abierto (Voc)	150	V
Voltaje de máxima potencia (Vmpp)	145	V
Máxima intensidad	70	A

Como se puede observar en la tabla anterior, el regulador de tensión elegido tiene una potencia menor que la generada por los paneles fotovoltaicos. Por esta razón, para calcular el número de reguladores se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{número de reguladores} = \frac{P_{\text{max,generador}}}{P_{\text{max,regulador}}} = \frac{8100}{4900} = 1,65 \approx 2 \text{ reguladores}$$

Una vez calculado el número de reguladores, es necesario hacer las comprobaciones de que dichos dispositivos son capaces de aguantar la intensidad de cortocircuito. A simple vista, parece que no cumplen. Sin embargo, si especificamos el posicionamiento de estos en el sistema la intensidad de cortocircuito disminuye. Esto sucede si colocamos cada regulador asignado a 10 placas fotovoltaicas, es decir, asignamos un regulador por cada string formado por 2 paneles. Este cambio de configuración nos daría las siguientes características recogidas a continuación:

Concepto	Cantidad	Magnitud
Voltaje en circuito abierto (Voc)	94,8	V
Voltaje de máxima potencia (Vmpp)	77,8	V
Intensidad de cortocircuito (Isc)	54,9	A
Intensidad de máxima potencia (Impp)	52,1	A
Potencia máxima	4050	W

Con esta configuración, los dos reguladores no serían un cuello de botella en la instalación puesto que su potencia máxima es mayor que la de los generadores que tienen asignados. Además, los voltajes de circuito abierto y de máxima potencia no son tampoco fuente de incompatibilidad al ser mayores dichas magnitudes en los reguladores. Finalmente, la corriente de cortocircuito que puede surgir de los paneles fotovoltaicos, 54,9 no supondrá un problema de seguridad ya que la intensidad máxima admisible por el modelo escogido es de 70 A.

2.5. Dimensionamiento del inversor

El inversor es un dispositivo que mediante la electrónica de potencia que transforma la corriente continua producida por las plantas fotovoltaicas a corriente alterna a una frecuencia y a un voltaje determinado.

Al igual que los dispositivos anteriores, el primer requisito que tiene que cumplir el inversor es que sea compatible con la tensión de la instalación, 48 V. Generalmente, los inversores son compatibles con un intervalo de tensiones que suele incluir valores típicos como son 24 o 48 V. Otro de los parámetros más importantes de la elección de este dispositivo es el rendimiento, puesto que en este dispositivo se pueden provocar grandes pérdidas. Se deberá buscar un inversor con un rendimiento del al menos un 90 %. En la actualidad se están fabricando inversores que superan un rendimiento de 95 %. Sin embargo, es conveniente, evaluar si este incremento de rendimiento compensa el incremento del coste.

Por otro lado, para asegurar que el inversor es capaz de transformar toda la energía demandada por el sistema, en este tipo de proyectos, se utiliza un factor de seguridad del 20 % sobre la demanda total simultánea que puede tener la instalación eléctrica para asegurar en todo momento que no hay problemas de suministro. Por tanto, la potencia del inversor tendrá que ser mayor que:

$$Potencia\ nominal\ inversor \geq 5201 \cdot 1.2 \geq 6241\ W$$

El inversor también tendrá que ser capaz de poder suministrar un voltaje de 230 V a 50 Hz de manera para que las cargas del sistema no sufran daños. Además, se deberá de saber que configuración eléctrica se va a utilizar y si esta es admitida por el inversor, en el caso de este proyecto se ha decidido utilizar un configuración monofásica ya que las cargas del sistema no suponen ninguna restricción.

Debido a sus características, su robustez y la fiabilidad del fabricante, se ha escogido el modelo de inversor Quattro 48/10000/140-100/100 de la misma marca que los reguladores de tensión de la marca Victron. A continuación, se adjunta una imagen del inversor y una tabla con las características principales del inversor:



Figura 32: Inversor Quattro 48/10000/140-100/100.

Tabla 25: Características principales del inversor Quattro 48/10000/140-100/100.

Concepto	Cantidad	Magnitud
Potencia nominal a 25 °C	8000	W
Potencia nominal a 40 °C	6500	W
Eficiencia máxima	96	%
Voltaje máximo del PV	66	V
Máxima corriente de entrada	140	A
Voltaje Ac de salida	230	V
Frecuencia	50	Hz

La potencia nominal del inversor se ve reducida de manera drástica a causa de las temperaturas. Por esta razón es conveniente, comprobar si con una temperatura de 40 °C, la cual es alcanzada en algunos momentos del día en Chad, el inversor puede seguir transformando toda la energía que solicita el sistema. Como se puede observar, la potencia nominal a 40 °C sigue siendo mayor que la potencia mínima que debe tener el inversor.

En el caso de que este requisito no se cumpliera por un margen pequeño, tampoco sería decisivo puesto que la instalación eléctrica no funcionará a máxima potencia durante el día, cuando las temperaturas son mayores. Esto es debido a que la mayor parte de potencia instalada pertenece a cargas de iluminación, cargas que funcionan generalmente cuando no hay luz solar, es decir cuando las temperaturas son menores. Además, la instalación ha contemplado el uso permanente de un ventilador para evitar que el inversor se caliente para evitar de esta forma que el funcionamiento no se vea afectado.

Otra de las características del inversor elegido es que está formado por un cargador de baterías. Su función consiste en monitorizar la tensión de las baterías para así poder elegir un orden de carga y mejorar la vida útil de las baterías. Además, si el valor de tensión es muy bajo, para proteger las baterías, el inversor realiza un cambio de fuente de energía a un posible generador auxiliar o a la propia red eléctrica en cuestión de milisegundos, evitando así las posibles interrupciones en el suministro eléctrico. Sin embargo, esta funcionalidad, en la actualidad del proyecto no será muy útil puesto que no se cuenta con un grupo electrógeno ni la zona se encuentra electrificada. A pesar de esto, si en el futuro la situación cambiase, se podría hacer uso de esta ventaja que ofrece el dispositivo.

2.6. Dimensionamiento del cableado

El dimensionamiento del cableado será una de las partes más relevantes del proyecto, a pesar de que puede verse como un apartado de menos importancia en comparación con la elección de los dispositivos que van a formar parte de la instalación fotovoltaica, la correcta elección de los diámetros de los cables, los montajes y los materiales que se van a usar, tienen una gran repercusión en el presupuesto final del proyecto y en la seguridad de la instalación.

Debido a la complejidad del cableado del sistema Se ha decidido dividir el dimensionamiento en tres niveles diferentes:

1. Conexión desde los paneles fotovoltaicos al cuadro principal o cuadro general de baja tensión (CGBT).
2. Conexión del cuadro general de baja tensión con los diferentes cuadros secundarios.
3. Conexión de los cuadros secundarios con sus cargas correspondientes.

Este proyecto se apoyará en la ITC-BT-19, la ITC-BT-7, ITC-BT-15, ITC-BT-18 e ITC-BT-21 del reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) para poder llevar a cabo el dimensionamiento de los conductores que formarán la instalación. [13]

Para el dimensionamiento del cableado se ha utilizado un proceso iterativo. Por lo cual se considera necesario explicar la metodología llevada a cabo para no tener que incluir múltiples veces dicho proceso en la memoria del proyecto. El siguiente proceso ha sido utilizado para el dimensionamiento de los tres niveles mencionados previamente y se resume en nueve pasos:

Paso 1

La primera hipótesis que hay que tener en cuenta es que no se va a utilizar los coeficientes de simultaneidad y utilización de las cargas a excepción de las tomas de tierra puesto que se considera que estas no se encontrarán trabajando a su potencia nominal 3450 W. Esta elección se hace en base a la distribución de los cuadros De esta manera, se asegura que el cableado sea capaz de aguantar la intensidad máxima exigida por dichas cargas

Paso 2

Una vez calculada la potencia que va a transcurrir por cada uno de los cables que van del cuadro principal a los cuadros secundarios y de estos a las derivaciones individuales. Es importante remarcar que la instalación tiene una configuración monofásica. Por lo tanto, se calculará la intensidad con la fórmula para una línea monofásica. A continuación, se muestra la expresión que se utiliza para este cálculo:

$$I_{monofásica} = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

Dónde:

$\cos \varphi = \text{Factor de potencia}$

Paso 3

La sección calculada necesaria por el cable inicial se calcula a partir de la corriente monofásica calculadas en el apartado anterior. Este término dependerá de la caída de tensión máxima admisible la cual se consulta en IDAE y la longitud que va a tener dicho cable. La expresión Para calcular la sección en una línea monofásica es:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I_{\text{monofásica}} \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot e}$$

Dónde:

$L = \text{Longitud del cable. [m]}$

$\gamma = \text{Conductividad. } \left[\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \right]$

$e = \text{Caída de tensión admisible. [m]}$

$\cos \varphi = \text{Factor de potencia.}$

Paso 4

El siguiente paso consiste en seleccionar el montaje, esta elección se desarrollará y explicará más en detalle cada uno de los apartados siguientes del trabajo. Además, se ha elegido el tipo de cable 2XLPE para toda la instalación por razones de simplicidad y robustez. Se utilizará la ITC-BT-19, más en detalle la tabla a. 52.3 del anexo a cuya regla asociada es la regla UNE-HD 60.364-5-52 que describe los métodos de instalación.

Paso 5

Basándose en la normativa actual vigente UNE-HD 60.364-5-52 y en la tabla C-52-1 bis - UNE-HD 60.3 64-5-52 recogida en la ITC-BT-19 y a partir del tipo de instalación, en este caso, monofásica, el tipo de montaje escogido y la sección calculada, entramos en dicha tabla y elegimos la sección inmediatamente superior a la calculada obteniendo así, la intensidad máxima admisible y su sección correspondiente.

Paso 6

En este paso será necesario calcular la intensidad máxima del cable corregida para ello hará falta la intensidad máxima el cable calculada anteriormente y habrá que calcular los siguientes factores de corrección que se nombran a continuación:

- **Factor de corrección por temperatura:** Para cables no enterrados se utiliza la tabla A.1 recogida en la ITC-BT-19. Para los cables enterrados se empleará la tabla A.52-D2 de la ITC-BT-19 descrita por la norma UNE 20460-5-523. En ambos caso, se supondrá una temperatura de ambiente de 45 °C.
- **Factor de corrección por temperatura el terreno:** Se ha empleado la ITC-BT-07 tabla A-5 de la regla 211435 suponiendo una temperatura del terreno de 45°. Factor solo se aplicará a los cables en conductos enterrados.

- **Factor de corrección por resistencia térmica el terreno:** Utilizando la tabla C - Guía T de la ITC-BT-19, se ha considerado que la naturaleza del terreno es de carácter arenoso muy seco el cual posee una resistividad térmica de 1,5. Por otro lado, ha sido necesario la consulta de la ITC-BT-07 en concreto la tabla A-6 de la regla UNE 211435 para poder determinar que el factor de corrección correspondiente a la resistividad de térmica del terreno propuesta es igual a 1.
- **Factor de corrección por profundidad de soterramiento:** Se ha utilizado la tabla A-7 de la regla UNE 211435 de la ITC-BT-07 la cual nos aporta los diferentes factores de corrección para las diferentes profundidades de soterramiento haciendo una distinción entre cables soterrados o cables en tubo.
- **Factor de corrección por agrupación de cables:** Para los cables enterrados se utiliza la tabla A-8.2 de la regla UNE 211435 de la ITC-BT-07 la cual nos dará el factor de corrección para agrupación de cables soterrados. Por otro lado, para los cables que no están enterrados se utiliza la ITC-BT-19, tabla E – Guía de la regla UNE-HD 60364-5-52.

Paso 7

Es necesario por temas de seguridad comprobar que la temperatura del conductor de cobre no sobrepasa los 90°. Para realizar esta comprobación se utiliza la siguiente expresión:

$$\theta = 20 + (90 - 20) \cdot \left(\frac{I_{\text{monofásica}}}{I_{\text{max, corregida}}} \right)^2$$

Dónde:

θ = Temperatura. [°C]

$I_{\text{max, corregida}}$ = Intensidad máxima corregida. [A]

Paso 8

Se deberá realizar la comprobación de que no se excede la caída de tensión máxima, la caída de tensión máxima se ha calculado en base a la ITC-BT-15. Siguiendo el consejo de IDAE, se marca una caída de tensión máxima del cuadro principal a los cuadros secundarios de 1 %, mientras que la caída de tensión máxima desde los cuatro secundario a las derivaciones individuales será de 0.5 % que dependerá de cada una de las uniones. Para calcular esta caída de tensión y compararla, es necesario calcular Por un lado la longitud del cable, que quedará definida por las dimensiones del plano y por otra, por un lado, la longitud del cable, que quedará definida por las dimensiones del plano y por otra, la resistencia del conductor que queda definida por la siguiente expresión

$$\rho_{\theta} = \rho_{20^{\circ}} \cdot [1 + \alpha \cdot (\theta - 20)]$$

Dónde:

ρ = Resistividad. $\left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

α = Coeficiente de temperatura. [°C⁻¹]

Una vez calculada esta resistividad es posible calcular la caída de tensión con esta fórmula:

$$\Delta U = \frac{2 * \frac{I_{monofásica}}{n_{conductores}} \cdot \rho_{\theta} \cdot L \cdot \cos \varphi}{S * U_{instalación}}$$

Dónde:

$n_{conductores}$ = Número de conductores.

L = Longitud del cable. [m]

S = Sección del cable. [mm²]

$U_{instalación}$ = Tensión de la instalación = 230 V

En el caso de que la caída de tensión sea menor que la caída tensión máxima, habremos acabado con el cálculo de la sección del cableado. En el caso, que la detención sea mayor que la máxima permitida, se deberá aumentar la sección del cable y volver a realizar los cálculos para volver a comprobar este requisito.

Paso 9

El último paso consiste en la elección del cable de protección y el tubo.

Para el cálculo de los tubos se ha utilizado la ITC-BT-21. La tabla 2 se ha empleado para aquellos montajes no enterrados mientras que la tabla 9 ha sido utilizada para aquellos tipos de instalación enterradas.

Para el cálculo de los cables de protección se ha utilizado la tabla 2 perteneciente a la ITC-BT-18.

Dimensionado del cableado de unión de paneles con CP

En este apartado se realizará el dimensionamiento del cableado entre los strings formados cada uno por dos paneles fotovoltaicos en serie, los reguladores, las baterías, el inversor y los cuadros que se encuentren entre dichos dispositivos. Dada la cantidad de dispositivos, se ha decidido incluir el esquemas unifilar correspondiente a la parte de la instalación con corriente continua, exceptuando la parte de aguas abajo del inversor, para poder visualizar mejor el proyecto.

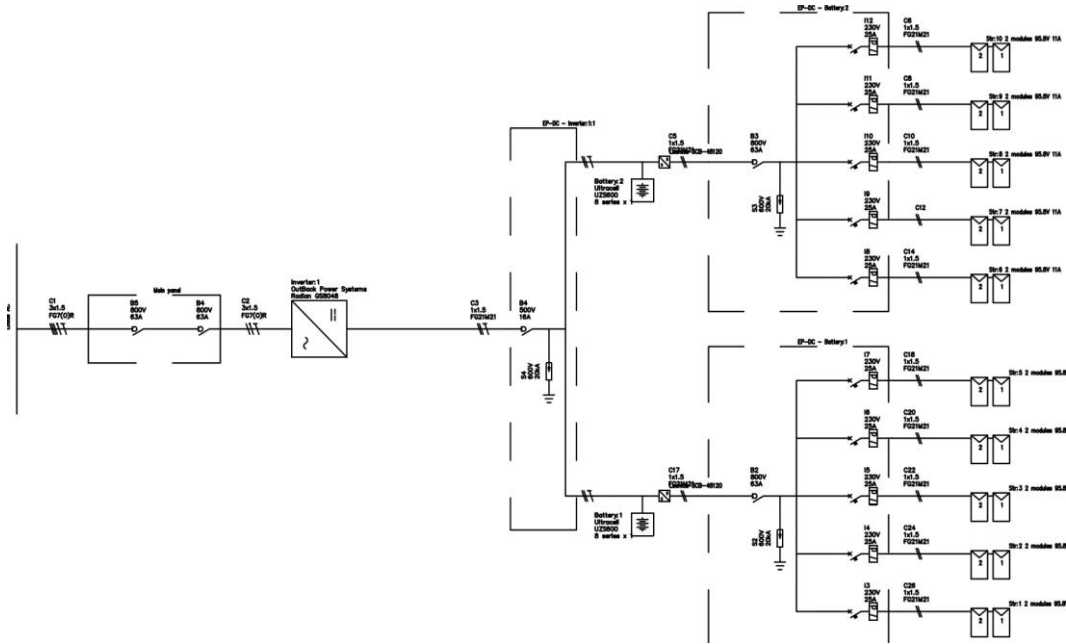


Figura 33: Esquema unifilar de los paneles fotovoltaicos al cuadro principal.

En la figura anterior, se pueden apreciar dos dispositivos de seguridad. Por un lado, se encuentran los magnetotérmicos y por otro, las resistencias de descarga. Estos elementos se explicarán más adelante en el proyecto. Es importante recalcar que en esta parte de la instalación no se encontrarán diferenciales puesto que estos dispositivos solo se encuentran en corriente alterna.

Los resultados del dimensionamiento de cables de la parte de continua han sido parcialmente calculados a partir del proceso explicado en el apartado anterior. Sin embargo, debido a la naturaleza de las magnitudes continuas se ha calculado la intensidad de los parámetros de los dispositivos en vez de a partir de la potencia obtenida en la previsión de cargas. De esta manera, la corriente que atraviesa los strings se ha calculado como la suma de las intensidades de los strings por cada rama. Por tanto, se obtiene:

$$I_{strings\ 1-5} = I_{MPP} \cdot \text{número de strings} = 10,42 \cdot 5 = 52,1\ A$$

La corriente por la rama de strings 6-10 será de la misma magnitud al ser una instalación simétrica en cuanto a componentes. Siguiendo esta lógica la intensidad máxima que podrá atravesar los reguladores y las baterías será la misma intensidad que atraviesa la salida de los paneles fotovoltaicos. La intensidad a la entrada del inversor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{entrada, inversor} = \frac{P_{demandada}}{U_{nominal, inversor-entrada}} = \frac{5929}{48} = 123,52 \text{ A}$$

Más adelante, se ha calculado la intensidad de cortocircuito en las diferentes etapas de la instalación. De la misma manera con la que nos calculamos la intensidad nominal, se comienza con la intensidad de cortocircuito de un panel para así poder obtener:

$$I_{cc, strings\ 1-5} = I_{cc} \cdot \text{número de strings} = 10,98 \cdot 5 = 54,9 \text{ A}$$

Por otro lado, se calcula la intensidad máxima que puede haber a la entrada del inversor a partir de la siguiente ecuación.

$$I_{max, entrada, inversor} = \frac{P_{máx, inversor}}{U_{nominal, inversor-entrada}} = \frac{8000}{48} = 166,67 \text{ A}$$

Finalmente se aplicará un factor de seguridad de 1,25 a todas las intensidades máximas. Una vez aplicado este parámetro, se seleccionará una sección de cable que tengo una intensidad máxima admisible superior.

Finalmente, el resto de las operaciones se han calculado siguiendo la metodología de cálculo a partir del paso 5 del apartado anterior. A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 26: Dimensionamiento del cableado de unión de los paneles fotovoltaicos y el cuadro principal.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Icc (A)	1,25*I _{max}	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Strings 1-5	Cuadro 1	2XLPE	F+N	B2	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	16	0,75%	77
Strings 6-10	Cuadro 2	2XLPE	F+N	B2	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	16	0,75%	77
Cuadro 1	Regulador 1	2XLPE	F+N	C	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	10	0,75%	72
Cuadro 2	Regulador 2	2XLPE	F+N	C	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	10	0,75%	72
Regulador 1	Batería 1	2XLPE	F+N	C	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	10	0,50%	72
Regulador 2	Batería 2	2XLPE	F+N	C	4053,38	52,10	54,90	68,63		1	10	0,50%	72
Batería	Inversor	2XLPE	F+N	C	9609,92	123,52	166,67	208,33		1	70	1,00%	243
Inversor	Cuadro Principal	2XLPE	F+N	C	8100	39,13			2,73	1	6	1,00%	52

Cableado		Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)	resistividad(Ωm m ² /m)
Inicio	Final	Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.				
Strings 1-5	Cuadro 1	0,96	1	1	1	0,9	66,53	15	62,93	0,020101921
Strings 6-10	Cuadro 2	0,96	1	1	1	0,9	66,53	15	62,93	0,020101921
Cuadro 1	Regulador 1	0,96	1	1	1	0,9	62,21	5	69,10	0,02051896
Cuadro 2	Regulador 2	0,96	1	1	1	0,9	62,21	5	69,10	0,02051896
Regulador 1	Batería 1	0,96	1	1	1	0,9	62,21	5	69,10	0,02051896
Regulador 2	Batería 2	0,96	1	1	1	0,9	62,21	5	69,10	0,02051896
Batería	Inversor	0,96	1	1	1	1	233,28	5	39,63	0,018526614
Inversor	Cuadro Principal	0,96	1	1	1	1	49,92	5	63,01	0,020107363

Cableado		ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	Icc (A)
Inicio	Final								
Strings 1-5	Cuadro 1	0,007684068	0,007684068	0,77%	16	20	0,6/1	2x16 + TT	1023,22
Strings 6-10	Cuadro 2	0,007684068	0,007684068	0,77%	16	20	0,6/1	2x16 + TT	1023,22
Cuadro 1	Regulador 1	0,004183191	0,004183191	0,42%	6	16	0,6/1	2x10 + TT	639,52
Cuadro 2	Regulador 2	0,004183191	0,004183191	0,42%	6	16	0,6/1	2x10 + TT	639,52
Regulador 1	Batería 1	0,004183191	0,004183191	0,42%	10	16	0,6/1	2x10 + TT	639,52
Regulador 2	Batería 2	0,004183191	0,004183191	0,42%	10	16	0,6/1	2x10 + TT	639,52
Batería	Inversor	0,001279243	0,001279243	0,13%	10	32	0,6/1	2x70 + TT	4476,61
Inversor	Cuadro Principal	0,005131369	0,005131369	0,51%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	383,71

Se observa que la intensidad a la salida del inversor es inferior a la intensidad de entrada. La razón de esta diferencia reside en que al realizar la inversión de corriente continua a corriente alterna, la tensión se incrementa hasta 230 V y la intensidad se ve reducida. Esta reducción de intensidad supone una ventaja debido a que también se reducen las pérdidas

experimentadas por los cables y se reduce la sección mínima necesaria de los mismos. En el mundo electrotécnico, se ha llegado a calcular una distancia a partir de la cual merece la pena utilizar una red de transporte de corriente alterna en vez de corriente continua. Además, las líneas de transporte continuas suelen encontrarse en zonas submarinas y subterráneas.

Se han elegido dos tipos de montaje. En primer lugar, de los strings 1-5 y los string 6-10 a los cuadros 1 y 2 respectivamente, se ha elegido un método de instalación B2 por el cual los conductores multipolares discurren a través de un tubo no ventilado en recorrido horizontal sobre el suelo. De los Cuadros 1 y 2 hasta el Cuadro principal, se ha elegido un montaje C, los cables se encontrarán sobre bandejas no perforadas siguiendo un recorrido horizontal o vertical.

La tensión admisible se ha establecido acorde con el instituto para la diversificación y el ahorro de energía (IDAE), quien recomienda una caída de tensión entre paneles y regulador de tensión de 1,5 %, una caída de tensión del regulador a la batería del 0,5 % y una caída de tensión de 1% de las baterías al cuadro principal de la instalación.

El resto de los parámetros han sido elegidos en base al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) siguiendo las indicaciones propuestas en el apartado de dimensionamiento de cableado.

Dimensionado del cableado del CP a los CS.

Antes de realizar el dimensionado, es necesario entender que cuadros secundarios hay. La parte de alterna de la instalación estará formada por once cuadros. De estos, el Cuadro Principal, el Cuadro Secundario del Campo de Fútbol y el Cuadro Secundario de los Despachos se encontrarán en el Edificio de despachos. Por otro lado, el resto de Los cuadros secundarios: Enfermería, biblioteca, oficinas, edificio 1, edificio 2, edificio 3, baño 1 y baño 2, se ubicarán en sus respectivos edificios. En la siguiente tabla, se muestran los diferentes cuadros con las potencias de sus cargas correspondientes.

Tabla 27: Cuadro principal y cuadros secundarios.

Cuadro	Nombre	Potencia total(W)
CP	Cuadro Principal	24580
CSCF	Cuadro Secundario Campo de fútbol	1920
CFENF	Cuadro Secundario Enfermería	1660
CSDES	Cuadro Secundario Despachos	2280
CSBIB	Cuadro Secundario Biblioteca	2145
CSOFI	Cuadro Secundario Oficinas	2490
CSED1	Cuadro Secundario Edificio 1	5550
CSED2	Cuadro Secundario Edificio 2	5550
CSED3	Cuadro Secundario Edificio 3	2775
CSBÑ1	Cuadro Secundario Baño 1	140
CSBÑ2	Cuadro Secundario Baño 2	70

La potencia del Cuadro Principal corresponderá con la sumas de potencias de los Cuadros Secundarios. Se puede observar que los cuadros que más potencia tienen asociadas son los Edificios 1 y 2, donde se ubican hasta diez clases en cada uno. A razón de seis luminarias y una toma de fuerza por clase.

En los siguientes apartados, se dimensionará el cableado entre el Cuadro Principal y el resto de los cuadros secundarios, además, se explicará las decisiones tomadas en el proceso del cálculo.

Unión de CP con CS Campo de fútbol

El cuadro secundario del campo de fútbol dependerá ocho cargas de tipo luminarias, en concreto focos de 240 W lo que suman un total de 1920 W. Dichos focos, permitirán la realización de deporte durante los recreos cuando no haya luz solar. A pesar de que dichos focos consumen mucha potencia, hay que tener en consideración que funcionarán diariamente un total de 30 minutos. Por lo tanto, el consumo energético no es muy elevado en comparación con las demás cargas del sistema. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 28: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del campo de fútbol.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSCF	2XLPE	F+N	B2	1920	9,28	0,648	2	6	1,00%	44

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	0,85	35,90	5	24,67

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,017515788	0,000529778	0,000529778	0,05%	6	16	0,6/1	2x6 + TT	383,71

La distancia del cuadro principal al cuadro secundario del campo de fútbol es de tan solo 5 metros puesto que se van a localizar en la misma habitación ya que se ha descartado la opción de colocar el cuadro secundario del campo de fútbol a la intemperie, en uno de los postes donde los cuales cuelgan los focos.

De esta manera, se ha elegido un montaje de tipo B2 que coincide con un cable multipolar en un canal que está fijado sobre una pared con un recorrido horizontal o vertical.

Como se ha explicado anteriormente en el proyecto, la sección ha sido calculada a partir de la corriente y de la tensión admisible y posteriormente corregido por los factores de corrección. Dicha sección calculada, es a priori menor que 1 mm². in embargo, Se ha decidido emplear un cable de 6 mm² debido a recomendaciones técnicas recibidas por proyectistas. Finalmente, se comprueba que el cable cumple con los criterios de mínima caída de tensión y con que su intensidad corregida no supere la intensidad máxima del cable admisible.

Unión de CP con CS Enfermería

La enfermería supone un servicio esencial para poder atender a los estudiantes en el caso de que se pueda dar un accidente. Por esta razón se ha dotado con ocho luminarias y cuatro tomas de fuerza, para que se puedan conectar diferentes dispositivos que puedan ser útiles. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 29: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de la enfermería.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSENF	2XLPE	F+N	D1	1660	8,02	7,845	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	70	22,33

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,01735748	0,001525096	0,001525096	0,15%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

A diferencia del cuadro secundario anterior, este cuadro se localizará en el propio cuarto de enfermería por lo tanto el conexionado elegido para ir desde el cuadro principal a dicho cuadro es de tipo de D1, esta instalación se caracteriza por instalación de un tubo subterráneo a 0,5 metros del nivel del suelo por el cual se introducirá el cable.

A pesar de que la sección calculada es de aproximadamente 8 mm², se ha elegido una sección del conductor de 25 mm², puesto que esta sección es la sección mínima de un cable que va enterrado. De esta manera, una vez aplicados los factores de corrección y aplicados para el cálculo de la intensidad del cable corregida, se puede observar que la intensidad es muy inferior a la intensidad máxima admisible por el cable, cumpliendo así el criterio de intensidades. Por otro lado, también se cumple el criterio de la caída máxima extensión al producirse tan solo un cero con 0,15 % del 1 % permitido de caída de tensión. Además, es importante remarcar que el cable está formado por dos conductores o cables activos y un cable de protección conectado a la toma de tierra. Finalmente, remarcar que la longitud ha sido extraída del mapa del colegio.

Unión de CP con CS Despachos

El cuadro secundario de los despachos, como su propio nombre indica, se situará en el edificio de despachos, en el que también se encontrará el cuadro principal. Por esta razón, la longitud de dimensionamiento es de tan solo 5 metros. Debido a su cercanía se ha elegido el tipo de montaje B2 el cual transporta se transporta el cable a través de un canal cuya orientación podrá ser vertical u horizontal. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 30: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de los despachos.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSDS	2XLPE	F+N	B2	2280	11,01	0,770	2	6	1,00%	19

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	0,85	15,50	5	55,33

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,019588144	0,000703544	0,000703544	0,07%	6	16	0,6/1	2x6 + TT	383,71

En la tabla anterior se puede observar que la sección calculada no llega a 1 mm². Sin embargo, se ha decidido escoger una sección del conductor de 6 mm² debido a que en las viviendas generalmente se utiliza el diámetro de 6 mm² cuando se va a conectar una carga como puede ser un frigorífico o una nevera. Como se ha descrito en el proyecto anteriormente, en los despachos se situarán parte de la paramenta del sistema eléctrico, entre estos se incluyen las baterías, las cuales han de ser refrigeradas. Esta refrigeración, se llevará a cabo por unos ventiladores que estará en funcionamiento mientras la instalación está activa. Por esta razón, se ha cogido un diámetro de 6 mm².

Al haber elegido una sección no consecutiva a la sección calculada, se cumplen perfectamente de los criterios de intensidad y de mínima caída de tensión.

Unión de CP con CS Biblioteca

La biblioteca que tiene un tamaño aproximado de dos aulas en serie. Se ha dotado con el doble luminarias que una aula, 12 luminarias, y se han incluido hasta cinco tomas de fuerza. La razón de tener un mayor número de tomas de fuerza que las aulas reside en que se prevé que en un futuro se puedan donar ciertos dispositivos electrónicos a los que se podrán acceder a través de la biblioteca. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 31: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de la biblioteca.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSBIB	2XLPE	F+N	D1	2145	10,36	21,722	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	150	23,89

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,017462944	0,004248546	0,004248546	0,42%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

En el cálculo del cableado, será relevante tener en cuenta que la distancia entre el Cuadro Principal y el Cuadro Secundario de la biblioteca, ya que estos se encuentran a una distancia de 150 metros, lo cual afecta directamente a la caída de tensión. Para la conexión entre ambos cuadros se ha utilizado el tipo de montaje de uno por el cual el cable es transportado de manera subterránea en un tubo a 0,5 metros del nivel del suelo.

Se puede observar que a pesar de que la potencia de este cuadro es similar a la potencia del cuadro de despachos, la sección calculada es muy superior, esto es debido a que la longitud de dichos cuadros secundarios con respecto al cuadro principal dista en una gran cantidad. Para este cable se ha cogido una sección de 25 mm² la cual supera a la sección calculada. Luego se ha comprobado que se cumplen los criterios de intensidad y de la máxima caída de tensión.

Unión de CP con CS Oficina

Las Oficinas están compuestas por 6 salas y son un espacio reservado para el personal docente de la escuela. Estas salas, se han dotado con dos luminarias cada una y una toma de fuerza para la posible para el posible conexionado de un equipo portátil. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 32: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de las oficinas.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSOFI	2XLPE	F+N	D1	2490	12,03	10,086	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	60	25,24

resistividad(Ω mm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,01755433	0,001983075	0,001983075	0,20%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

la distancia entre el cuadro principal y el cuadro secundario de oficinas es de unos 60 metros y para el tipo de montaje se ha utilizado un tipo de uno, el cable que une dichos cuadros irá enterrado en un tubo a 0,5 m del nivel del suelo.

Como en apartados anteriores, a pesar de que la sección calculada es apenas 10 mm², se ha tenido que elegir una sección del conductor de 25 mm² para cumplir con la restricción de cables soterrados. Finalmente, se han comprobado los dos criterios de dimensionamiento de cables.

Unión de CP con CS Edificio 1 y 2

Los Edificios 1 y 2 se encuentran colocados de manera simétrica respecto al edificio de despachos a una distancia aproximada de unos 50 m. En cada edificio se encuentran 10 aulas que a su vez estarán compuestas por seis luminarias y una toma de fuerza cada una. Por tanto, dicho cuadro secundarios son los que más potencia total tienen. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 33: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario de los edificios 1 y 2.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CS1 y CS2	2XLPE	F+N	D1	5550	26,81	18,735	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	50	46,04

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,018960333	0,003978444	0,003978444	0,40%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

Al igual que los casos anteriores, los cuadros secundarios que no se encuentran en el edificio de despachos, el tipo de montaje elegido es el de D1. Por otro lado, se ha calculado una sección de aproximadamente 19 mm² y se ha elegido la sección normalizada inmediatamente superior, de 25 mm², requisito mínimo para cables soterrados.

Una vez realizado el cálculo de la intensidad máxima del cable corregida, se ha comprobado el cumplimiento de los tres criterios de intensidad de temperatura y de caída de tensión máxima para el dimensionamiento de los cables.

Unión de CP con CS Edificio 3

El tercer edificio de aulas en el que se encuentra un total de cinco aulas compuesto por el mismo número de luminarias y de tomas de fuerza que el edificio uno y dos. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 34: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del edificio 3.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSED3	2XLPE	F+N	D1	2775	13,41	28,102	2	50	1,00%	155

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	64,89	150	22,99

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,017401953	0,002738587	0,002738587	0,27%	25	110	0,6/1	2x25 + TT	3197,58

En la unión del cuadro principal con el cuadro secundario del edificio tres se ha utilizado el mismo tipo de montaje que en los edificios uno y dos, el tipo de montaje de uno.

A pesar de que la potencia necesaria en este cuadro secundario es la mitad que la necesaria en los edificios uno y dos, la sección calculada ha sido de aproximadamente 28 mm². Por esta razón se ha elegido la sección normalizada de 50 mm. Esta sección es mayor que las anteriores a pesar de que el cuadro tiene una potencia inferior, esto se produce porque la distancia es mayor, con un total de 150 m de separación entre el cuadro principal y el cuadro secundario del edificio de clases tres. Finalmente, se comprueba que los criterios de la intensidad de la temperatura del conductor y de la mínima caída de tensión se cumple.

Unión de CP con CS Baño 1

El baño 1 estará compuesto por cuatro luminarias. Por tanto, la potencia será de tan solo 140 W. Sin embargo, la distancia entre el cuadro principal y el cuadro secundario del baño 1 es de aproximadamente 150 m. A pesar de que la distancia sea elevada, la baja potencia hace que la sección calculada sea de aproximadamente 1,5 mm², al igual que antes, se va a utilizar un montaje de tipo B1 el cual exige al menos una sección del conductor del 25 mm² que hace que se cumpla de sobra los requisitos de intensidad temperatura y caída de tensión. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 35: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del baño 1.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSBÑ1	2XLPE	F+N	D1	140	0,68	1,418	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	150	20,02

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,01720112	0,000273137	0,000273137	0,03%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

Unión de Cuadro Principal con Cuadro Secundario Baño 2

La distancia entre cuadro principal y el cuadro secundario del baño 2 también es de 150 metros con una potencia correspondiente a dos luminarias de 35 W que suman un total de 70 W. La sección calculada no llegará al metro cuadrado. Sin embargo, por la misma razón que en el caso anterior la sección del conductor elegido será de 25 mm². Finalmente, se utiliza un montaje D1 por el cual el cable que une el cuadro principal del cuadro secundario va por debajo de la tierra en un tubo. En la siguiente tabla se recogen las características de los cables y tubos para esta unión:

Tabla 36:: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cuadro principal y el cuadro secundario del baño 2.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección conductor (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CP	CSBÑ2	2XLPE	F+N	D1	70	0,34	0,709	2	25	1,00%	105

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente (cables no enterrados)	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	43,96	150	20,00

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,01720028	0,000136562	0,000136562	0,01%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79

Dimensionado del cableado de unión de los CS a las DI

Se ha estimado oportuna no incluir los cálculos de cableado entre los cuadros secundarios y las derivaciones puesto que el proceso de cálculo ya ha sido explicado en la memoria y además se han realizado varios ejemplos de justificación de hipótesis en el dimensionamiento del cableado del cuadro principal a los cuadros secundarios. Por esta razón, y para conservar la legibilidad de la memoria se han incluido estos cálculos en el anexo de la memoria.

Para hacerse una idea mejor de la cantidad de cables que puede tener este proyecto, a continuación, se muestra el unifilar de la instalación desde el cuadro principal a las derivaciones individuales:

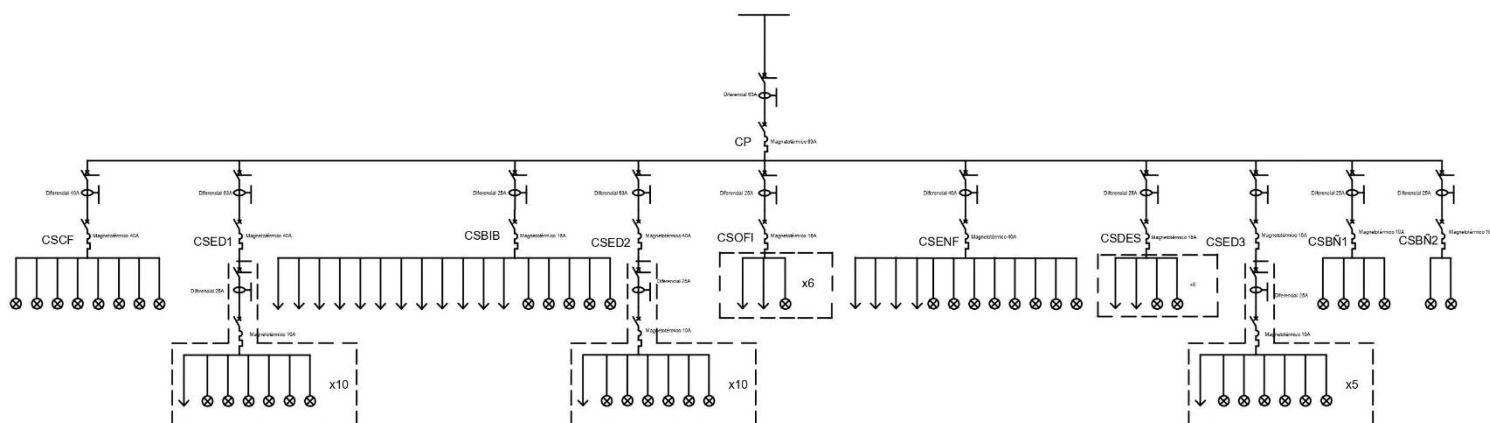


Figura 34: Esquema unifilar del cuadro principal a las derivaciones individuales.

2.7. Dimensionamiento de las protecciones

Las protecciones constituyen una de las partes más importantes del proyecto puesto que aseguran la seguridad tanto de las personas que van a usar dicha instalación como la de los dispositivos que la forman. Las protecciones de una instalación están compuestas por componentes electromecánicos que protegen frente a cortocircuitos y descargas. Es importante remarcar que la inclusión de estos dispositivos de seguridad en el proyecto es exigida por ley.

Los elementos de una instalación tienen una vida útil establecida, una vez consumida, estos fallan. Las protecciones ayudarán en la protección ante esta peligrosa decadencia como puede ser un contacto eléctrico a causa de un cable pelado. Otro de los aspectos positivos de las protecciones eléctricas es que, si su selectividad se ha elegido de manera coherente, será sencillo encontrar donde se encuentra el problema en la instalación.

Magnetotérmico

El magnetotérmico es un dispositivo electromecánico de protección que tiene dos tipos de actuaciones: [14]

- **Actuación térmica:** En este caso, el magnetotérmico corta la intensidad durante el primer segundo. Este corte es debido a que por la protección está circulando una intensidad mayor a la nominal considerada.
- **Actuación magnética:** Sucede cuando la intensidad es de valor elevado. Concretamente del orden de 5, 10 o incluso 20 veces el valor de la intensidad nominal. La protección produce una fuerza magnética con este exceso de intensidad que desconecta el sistema. Para poder dimensionar diferentes actuaciones magnéticas se diseñaron las curvas de disparo.

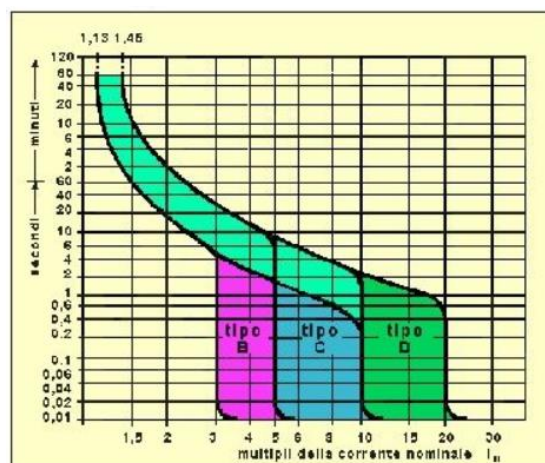


Figura 35: Curvas características del magnetotérmico.

La curva de disparo muestra el tiempo de actuación dada la intensidad que circula por la protección

Número de polos: Otra de las características que tienen que ser consideradas en la elección de un magnetotérmico es el número de polos o máximo número de conductores que se pueden conectar a este.

Poder de Corte: Es la máxima intensidad que puede soportar un magnetotérmico y funcionar acorde con sus especificaciones. Pasada esta intensidad, el dispositivo puede dañarse y el fabricante no asegura su correcto funcionamiento. Los valores normalizados de poder de corte son 1500, 3000, 4500, 6000 y 10000 A.

Limitación de intensidad: Es una característica por la cual el magnetotérmico limita la intensidad de cortocircuito. Existen tres clases: 1, 2 y 3, no limitante, limitante y muy limitante respectivamente.

Diseño de magnetotérmicos

El criterio que se tiene que cumplir en todo momento al escoger los magnetotérmicos es:

$$I_B < I_N < I_Z$$

Dónde:

I_B = Intensidad del circuito.

I_N = Intensidad nominal del magnetotérmico.

I_Z = Intensidad máxima admisible corregida del conductor.

Además, para asegurar el disparo térmico, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$I_2 < 1.45 \cdot I_Z$$

Dónde:

I_2 = Corriente de disparo térmico en 1 h.

Por otro lado, se tiene que comprobar que el poder de corte es mayor a la intensidad de cortocircuito:

$$PdC_{\text{magnetotérmico}} > I_{cc}$$

Dónde:

$PdC_{\text{magnetotérmico}}$ = Poder de corte del magnetotérmico.

El criterio de selección del magnetotérmica se resume en la siguiente figura:



Figura 38: Selectividad total frente a selectividad parcial.

Selectividad amperométrica: Se emplea una curva mayor o menos sensible y una intensidad nominal superior aguas arriba mientras que se elige una curva menor o más sensible y una intensidad nominal inferior. Ejemplo: Aguas arriba: D25, aguas abajo: C16

Selectividad cronométrica: Este tipo de selectividad se emplea con diferenciales y no con magnetotérmicos. Para conseguir dicha selectividad se programa un disparo con mayor tiempo de retardo aguas arriba que aguas abajo.

Interruptor diferencial

El interruptor diferencial es un dispositivo de seguridad que protege frente a contactos indirectos o corrientes de fuga. Su funcionamiento consiste en comparar la intensidad de entrada y de salida. En el caso de que dichas intensidades sean diferentes, dicha diferencia creará una tensión inducida en una bobina la cual activará un electroimán que cortará la corriente.

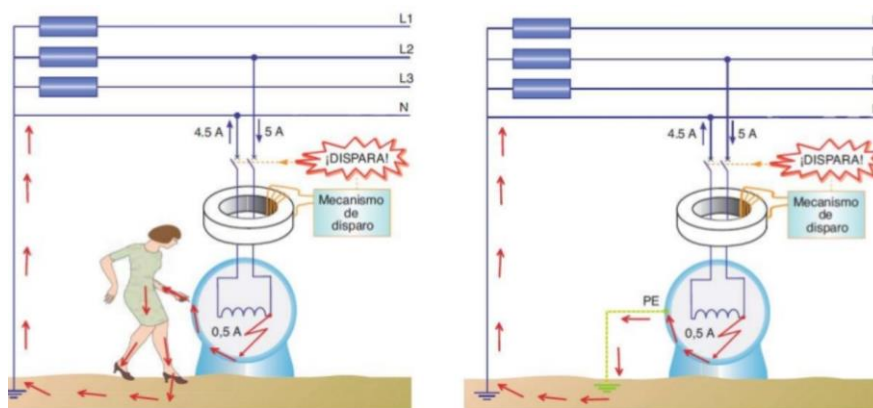


Figura 39: Principio de funcionamiento de un interruptor diferencial.

Características

Intensidad nominal o calibre: Es la intensidad máxima admisible por el diferencial. Esta protección no se utiliza para protegerse frente a cortocircuitos, para estos, se utilizan los

magnetotérmicos. Además, otra consideración que se debe realizar es que la intensidad nominal del diferencial ha de ser mayor que la del magnetotérmico al que acompaña. [15]

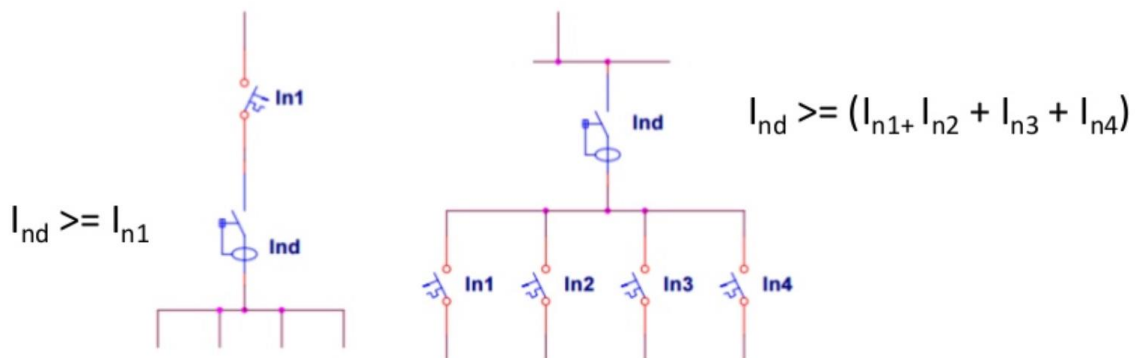


Figura 40: Requisitos de dimensionamiento de un interruptor diferencial.

Sensibilidad: Se mide como la variación de entrada entre la intensidad de entrada y salida que hace que se accione la protección. Se pueden encontrar diferentes grados de sensibilidad:

- **Sensibilidad muy alta:** La protección actúa cuando percibe diferencias de intensidad menores de 30 mA. Un ejemplo se encontraría en las piscinas que se suelen utilizar diferenciales con una sensibilidad de 10 mA.
- **Sensibilidad alta:** La sensibilidad es del orden de 30 mA, esta magnitud es la que suele implementar en las viviendas para proteger a las personas.
- **Sensibilidad baja:** Se caracteriza por tener una sensibilidad mayor de 30 mA. La función principal reside en la protección frente a incendios. Se suele aplicar en la industria.

Clase: Describe la actuación del diferencial en función de la naturaleza de la corriente. Hay tres tipos principales:

1. **Clase AC:** Es la clase que tiene un uso más general y se caracteriza por que su actuación se produce cuando aparece una fuga de corrientes alterna a tierra.
2. **Clase A:** Tiene las mismas características que la clase AC con la salvedad que esta clase de diferencial también actúa cuando hay desviaciones de corriente continúa pulsante.
3. **Clase S:** Se caracteriza por tener un retardo previo a la actuación de apertura del circuito.

Tiempo de disparo: Indica el tiempo que tarda un diferencial en actuar y abrir el circuito. Este parámetro es de vital importancia puesto que la protección tiene que actuar muy rápido antes de que una posible derivación puede dañar a una persona. El tiempo de disparo vendrá marcado por la clase de este:

Tabla 37: Tiempo de disparo de un interruptor diferencial en función de su clase.

Tipos A y AC				Selectivos S-A y S-AC			
Corriente	$1 \times I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$	Corriente	$1 \times I_{\Delta n}$	$2 \times I_{\Delta n}$	$5 \times I_{\Delta n}$
Tiempo	0,3 seg.	0,15 seg.	0,04 seg.	Tiempo disparo	0,5 seg.	0,2 seg.	0,15 seg.

Número de polos: Es el número de conductores que se pueden conectar a la protección. Generalmente, se pueden encontrar en el mercado diferenciales bipolares y tetrapolares.

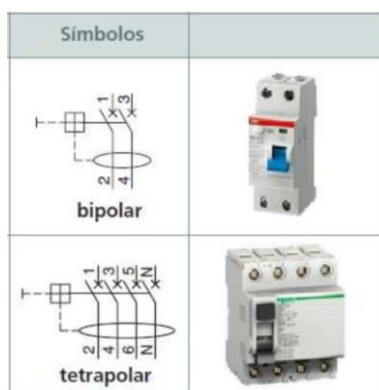


Figura 41: Símbolos de interruptores diferenciales bipolares y tetrapolares.

Otra consideración que se debe tener a la hora de diseñar la posición de los diferenciales del sistema es que estos han de estar acompañados por un magnetotérmico que tenga una intensidad nominal inferior a la del diferencial.

Selectividad en diferenciales

En los diferenciales se habla de selectividad amperométrica parcial puesto que, frente a corrientes altas de defecto, no se puede asegurar la selectividad. Sin embargo, es posible conseguir esta selectividad parcial colocando el diferencial de mayor sensibilidad aguas abajo. Por otro lado, con estos dispositivos se puede lograr una selectividad cronométrica total en el caso de que se programe un retardo en el diferencial aguas arriba mientras que el diferencial de aguas abajo no tenga retardo o tenga un retardo inferior. [16]

Dimensionamiento de protecciones entre paneles y CP

Para el dimensionamiento de las protecciones se ha seguido los criterios de diseño explicados en el apartado anterior para los magnetotérmicos y para los interruptores diferenciales. Es importante recalcar que, en la parte de la instalación con corriente continua, no se pueden usar interruptores diferenciales.

El diseño de protecciones se puede dividir en la parte de corriente continua y en la parte de corriente alterna. Si empezamos por la parte continua se pueden encontrar 3 magnetotérmicos los cuales han sido elegidos en base a los siguientes cálculos.

Tabla 38: Dimensionamiento de protección de la unión entre los paneles fotovoltaicos y el cuadro principal.

Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo	Iz: máxima corriente admisible cable	Calibre (In normalizada)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45
Strings 1-5	16	52,10	66,53	63	C	315	630	1023,22471	6	1,07007576
Strings 6-10	16	52,10	66,53	63	C	315	630	1023,22471	6	1,07007576
Salida Baterías	70	123,52	233,28	80	C	400	800	4476,60809	10	0,38751715

Para comprender mejor esta tabla, se aclara que la salida de las baterías coincide con la entrada del inversor.

Dimensionamiento de protecciones entre CP y DI

A la salida del inversor comienza la parte alterna de la instalación. Se ha decidido poner un interruptor diferencial acompañado por un magnetotérmico aguas abajo. Además, se ha elegido un magnetotérmico con curva D para diseñar la selectividad puesto que los magnetotérmicos aguas abajo pertenecerán a curvas C y B. A continuación, se muestran las características de las protecciones elegidas para el cuadro principal.

Tabla 39:: Dimensionamiento de protecciones de la unión entre el cuadro principal y las derivaciones individuales.

Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo	Iz: máxima corriente admisible cable	Calibre (In normalizada)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn	PdC (kA)
Cuadro Principal	6	39,13	49,92	63	D	630	1260	383,709265	6	1,42608173	63	30	10

Se ha colocado un interruptor diferencial en todos los cuadros secundarios de protección y un magnetotérmico en los cuadros secundarios de la enfermería, oficinas, despachos, biblioteca y baños. En los edificios 1, 2 y 3 se ha colocado un interruptor magnetotérmico del que dependen 10 más en el caso del edificio 1 y 2, y 5 más en el caso del edificio 3. El número de magnetotérmicos se ha decidido en base que cada cuadro secundario de estos edificios tuviese un magnetotérmico general y a parte uno por cada clase del edificio.

Como ya se hizo en el apartado del dimensionamiento del cableado entre los cuadros secundarios y las derivaciones individuales, se vuelve a considerar que incluir en este apartado las tablas con los cálculos de todas las protecciones de la instalación en la parte de alterna de la instalación no es adecuado. Por esta razón, dichos cálculos se recogerán en el Anexo 3 situado al final del documento de la memoria.

2.8. Dimensionamiento de la puesta a tierra

Introducción

La puesta de tierra es un elemento de la instalación eléctrica a la cual se conectan todas las carcassas metálicas del sistema y tomas de fuerza. Su principal función es la de proteger tanto de contactos directos como de contactos indirectos. Por esta razón, es considerado como un sistema de protección ante corrientes eléctricas peligrosas causadas por un contacto metálico o incluso por una descargar atmosférica. [17]

Los contactos directos son aquellos provocados por un contacto de la persona con un elemento activo de la instalación eléctrica como puede ser un cable o un enchufe. Por otro lado, los contactos indirectos se producen cuando se produce un contacto de una persona con un elemento metálico la cual se encuentra en contacto con un conductor.

Para protegerse de estos contactos eléctricos es necesario poder detectar estas corrientes dañinas para poder cortar el suministro eléctrico. Para poder identificar estas corrientes es necesaria de una correcta puesta de tierra para que dichas corrientes de fuga sean dirigidas a los electrodos o picas metálicas que se encuentran enterrados en el terreno formando la puesta a tierra.

La toma de tierra viene generalmente acompañada de un interruptor diferencial que compara la intensidad de entrada y salida del circuito, en el caso de que detecte una diferencia de intensidad, este dispositivo cortará la alimentación del circuito con el fin de evitar un posible contacto accidental.

Para realizar el diseño de la puesta a tierra de este proyecto se debe tener en cuenta que en la instalación eléctrica se divide en una parte de corriente continua y otra parte de corriente alterna. Cada parte llevará asociada una configuración diferente de puesta a tierra compatible con esta. Los sistemas de puesta a tierra se caracterizan por tener diferentes esquemas de distribución que quedan definidos por letras. Algunos de los sistemas existentes son el TT, IT, TN, TN-C, etc.

La primera letra hace referencia a como se encuentra la tierra con respecto a la alimentación, pudiendo ser, T para una conexión directa entre ambas y I para indicar el completo aislamiento de la alimentación con respecto a tierra. Por otro lado, la segunda letra hace referencia a como se encuentran las masas con respecto a tierra. En este caso se puede encontrar una T que significa que las masas y la tierra de la instalación se encuentran directamente conectadas y N que las masas se encuentran conectadas al punto de alimentación que a su vez se encuentra conectado a la puesta a tierra. Finalmente, y de manera eventual se puede encontrar una tercera letra la cual define la situación relativa entre el conductor de protección y el conductor neutro. Pudiendo ser S cuando el cable de neutro y protección son cables separados y C, cuando ambas funciones se realizan con un solo conductor.

Lado corriente alterna

En este proyecto, para la parte de la instalación en corriente alterna se utilizará una configuración TT. En este esquema el neutro y las masas van a tierra a través de distintos electrodos, estando conectado solo físicamente a tierra las masas. Llegados a este punto, es importante recalcar que el inversor elegido está dotado de un relé que conecta cable neutro con las masas.

Por otro lado, la configuración TT destaca por tener una impedancia superior de malla lo que hace que las intensidades de fuga sean considerablemente menores que si se hubiese utilizado en esta parte del circuito una configuración IT. Una de las razones principales de la elección de la configuración TT para el lado de alterna reside en que es la configuración más usada en las redes de baja tensión y además, permite la instalación de interruptores diferenciales que protegen la instalación de corrientes de fuga.

Obviando el hecho de que la siguiente figura representa un sistema trifásico en vez de un sistema monofásico como el desarrollado en este proyecto, se ha considerado adecuado incluir el siguiente esquema puesto que ayuda a entender la configuración y comprender la trayectoria en bucle que recorre la intensidad en caso de falta.

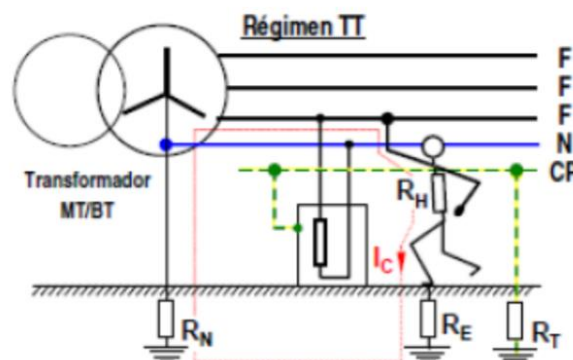


Figura 42: Esquema de instalación de puesta de tierra TT.

Lado corriente continua

En cambio, para el lado de corriente continua de la instalación se ha elegido una configuración IT ya que esta configuración evita la generación de tensiones de defecto. De esta manera, se suprime la necesidad de utilizar un sistema de protección que desconecte el sistema ante una falta. Esta característica es fundamental puesto que los interruptores diferenciales solo funcionan con corriente continua. Por tanto, esta fue la razón que más peso tuvo en la elección de la configuración. Para poder comprender mejor la instalación que se va a realizar, a continuación, se muestra una imagen de la configuración en un conexionado trifásico.

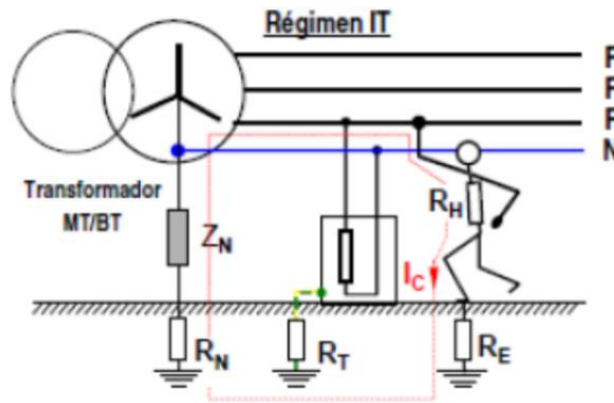


Figura 43: Esquema de instalación de puesta de tierra IT.

Diseño de la puesta a tierra

Para diseñar las puestas a tierra en ambos lados de la instalación se utilizará el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en concreto la ITC-BT-24 la cual describe los requisitos técnicos que tienen que cumplir este tipo de instalaciones. En una instalación con puesta a tierra se tiene que cumplir siempre:

$$R_{Total,m\acute{a}x} \cdot I_{defecto} \leq U_{L\acute{i}mite}$$

Dónde:

R_{Total} = Resistencia total entre masas y conductores de protección. [Ω]

I_d = Intensidad de defecto. [A]

U_L = Tensión límite de contacto. [V]

En este proyecto se ha considerado una tensión límite de contacto de 24 V correspondiente con zonas húmedas, ya que es el caso más desfavorable.

Las configuraciones de puesta a tierra están formadas generalmente por picas verticales a tierra y por conductores metálicos con forma de anillo. Para calcular el valor de sus resistencias correspondientes se utiliza las siguientes expresiones:

$$R_a = 2 \cdot \rho / L$$

$$R_p = \rho / L$$

Donde:

R_a = Resistencia del anillo. [Ω]

R_p = Resistencia de la pica. [Ω]

ρ = Resistividad del terreno. [$\Omega \cdot m$]

L = Longitud. [m]

Una vez conocido el número de picas y de conductores se puede calcular la resistencia total de la puesta a tierra con la siguiente expresión:

$$R_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{R_{p1}} + \frac{1}{R_{p1}} + \frac{1}{R_{p3}} + \frac{1}{R_{p4}} + \frac{1}{R_a}}$$

El último paso consistirá en comprobar que la resistencia total calculada sea menor que la máxima posible:

$$R_{Total} \leq R_{Total,m\acute{a}x}$$

Cálculo de puesta a tierra en lado de corriente alterna

La puesta de tierra del lado de corriente alterna será independiente de la toma de tierra de corriente continua. En esta configuración, los neutros de las cargas y las carcassas metálicas de los dispositivos de serán conectados directamente a tierra. Este lado de la instalación al tener corriente alterna admite interruptores diferenciales, estos han sido elegidos con una sensibilidad de 30 mA, considerando que la mayor magnitud de una intensidad de fuga coincide con este valor y suponiendo una tensión de contacto máxima de 24 V se puede calcular:

$$R_{Total,max} = \frac{U_L}{I_d} = \frac{24}{30} = 800\Omega$$

Para continuar con el proceso de cálculo es necesario escoger la resistividad del terreno, por falta de información puesto que no se ha llevado a cabo ningún estudio previo sobre las propiedades del terreno. Por esta razón se ha empleado la tabla 4 de la ITC-BT-18 del REBT para escoger la resistividad.

Tabla 40: Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

De esta manera, se ha considerado que la naturaleza del terreno es correspondiente con “Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes” con una resistividad de $500 \Omega \cdot m$.

Se ha escogido una configuración formada por dos picas y un conductor de cobre que las une. Una de las consideraciones que se deben tener en cuenta es que las picas metálicas

instaladas tienen que estar separadas por una distancia mínima igual al doble de su longitud. De esta manera se procede al cálculo de las resistencias:

$$R_p = \rho/L = \frac{500}{2} = 250 \, \Omega$$

$$R_a = 2 \cdot \rho/L = \frac{2 \cdot 500}{4,8} = 208,33 \, \Omega$$

La resistencia total será:

$$R_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{250} + \frac{1}{250} + \frac{1}{208,33}} = 78,125 \, \Omega$$

Finalmente se realiza la última comprobación:

$$78,125 \, \Omega \leq 800 \, \Omega \rightarrow \text{OK}$$

Cálculo de puesta a tierra en lado de corriente continua

La configuración IT logra el mismo objetivo que se consigue con un interruptor diferencial. Para llevar a cabo esta distribución es necesaria una resistencia que aísla tierra y el generador sea dimensionada acorde con corriente de fuga para que esta no supere los 100 mA. Esta condición no es muy complicada de cumplir puesto que la resistencia presente en un generador es de gran magnitud.

Primeramente, se calculará la resistencia máxima que puede tener la puesta de tierra:

$$R_{Total,m\acute{a}x} = \frac{U_{\text{Limite}}}{I_{\text{defecto}}} = \frac{24}{100} = 240 \, \Omega$$

El sistema elegido para la construcción de la toma de tierra en el lado de corriente continua ha sido un sistema formado por un anillo de cobre y 4 picas metálicas. El anillo será de cobre con forma rectangular y estará ubicado alrededor del edificio donde se localizan los despachos. Este anillo estará formado por un conductor de cobre de $35 \, \text{mm}^2$, el cual siguiendo lo establecido por la ITC-BT-18 se encontrará enterrado a una profundidad mayor que 0,5 metros. Por otro lado, se emplearán 4 picas metálicas verticales que se encontrarán ubicadas en los vértices del anillo, estas tendrán un radio de 7 mm y un largo de 2 metros.

A continuación, se realiza el cálculo de la resistencia correspondiente al anillo y a cada una de las picas.

$$R_a = 2 \cdot \rho/L = \frac{2 \cdot 500}{58,16} = 17,19 \, \Omega$$

$$R_p = \rho/L = \frac{500}{2} = 250 \, \Omega$$

Una vez calculada cada una de las resistencias, se calcula la resistencia total de la puesta a tierra en este lado de la instalación:

$$R_{total} = \frac{1}{\frac{1}{17,19} + \frac{1}{17,19} + \frac{1}{17,19} + \frac{1}{17,19} + \frac{1}{250}} = 13,48 \, \Omega$$

Finalmente se comprueba que:

$$13,48 \, \Omega \leq 240 \, \Omega \rightarrow \text{OK}$$

3. Financiación no lucrativa

La financiación no lucrativa supone junto al capital social prestado por los voluntarios uno de los bienes más importantes para las ONG o para los proyectos sociales. Dichos fondos no solo ayudan en la consecución del proyecto, sino que permiten la remuneración a trabajadores especializados para poder llevar a cabo el desarrollo del proyecto y conseguir la máxima eficiencia, creando así, el mayor impacto posible.

Este tipo de financiación puede llegar a ser complicada debido a su complejidad, principalmente, debido a que el capital prestado no rendirá beneficios económicos. Sin embargo, las ONGs tienen que demostrar el valor social y emotivo que tienen estas contribuciones. Este proceso es complicado y a la vez diferente de la operativa normal de las empresas privadas.

Existen múltiples métodos de recaudación de fondos. En este proyecto, se estudiarán y analizarán los más comunes. Es importante remarcar que estos no serán unos mejores que otros, sino que cada tipo de financiación se adaptará mejor a ciertas situaciones u organizaciones. Es decir, las ONGs, tendrán que analizar en qué tipo de financiación no lucrativa centrarse en base al conocimiento y los recursos que posea su organización.

Dentro de la financiación no lucrativa, se puede diferenciar, por un lado, la financiación pública, dicha financiación se conceden a través de subvenciones llevadas a cabo por diferentes cuerpos entre las cuales se comprende administraciones locales, regionales estatales o incluso internacionales. Actualmente, esta vía de financiación es la más usada por las organizaciones no gubernamentales. Por otro lado, tenemos la financiación privada, dicha financiación se encuentra en auge debido a que cada vez más empresas se encuentran dispuesta a colaborar proyectos sociales.

Una de las características principales de las organizaciones no lucrativas que marcan el tipo de financiación escogida es el tamaño de estas. A continuación, se analizan las diferentes grupos en función de la capitalización de su presupuesto:

1. Micro-organizaciones: Presupuesto inferior a 300,000 €
2. Organizaciones pequeñas: Con un presupuesto comprendido entre 300,000 y 1,000,000 €
3. Organizaciones medianas: Presupuesto comprendido entre 1 y 5 M€.
4. Organizaciones grande: Presupuesto comprendido entre 5 y 25 M€
5. Organizaciones muy grandes: Presupuesto superior a 25 M€.

Por regla general, las organizaciones grandes y medianas suelen concentrarse en la financiación pública mientras que las organizaciones muy grandes, micro y pequeñas tiendan a centrarse en la financiación privada. Esta afirmación se basa en un Estudio llevado a cabo por la Fundación Lealtad, en la que se llegó a analizar un total de 222 organizaciones sin ánimo de lucro.

Una consideración importante del proyecto es que debido a la crisis del COVID-2019, este proyecto no ejecutará los planes de financiación debido a la imposibilidad de realizar

el proyecto este año. Sin embargo, previsiblemente se llevará más adelante por futuros estudiantes que gocen de una mejor situación social.

3.1. Análisis DAFO

Para poder elegir el tipo de financiación no lucrativa, se ha decidido realizar la herramienta de análisis DAFO. El objetivo final consiste en seleccionar una o dos vías de financiación no lucrativas que se amolden de manera más apropiadas con la naturaleza del proyecto. La matriz DAFO es una herramienta ampliamente usada en el sector empresarial por su simplicidad y su efectividad para tomar decisiones acertadas en cotos periodos de tiempo. [18]

El análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) también como nacido como análisis FODA o SWOT, en inglés, es una herramienta creada por Albert S. Humphrey durante los años 60 y 70 en la Universidad de Stanford, Estados Unidos.

Esta herramienta se utiliza en la planificación corporativa para poder planear una estrategia empresarial y determinar las ventajas competitivas de un proyecto o de una empresa. Para ello, este análisis se divide en un análisis interno, las fortaleza y debilidades y un análisis externo oportunidades y o amenazas:

Fortalezas: Son las capacidades que aportan una ventaja competitiva frente a los otros participantes del mercado o competidores. Para detectar las fortalezas de un proyecto u empresa se pueden formular las siguientes preguntas:

- ¿Tengo alguna ventaja competitiva?
- ¿Qué proyectos o líneas de negocio son más rentables dentro de mi organización?
- ¿El capital humano está comprometido?
- ¿Hay liquidez y solvencia?

Debilidades: Es una condición que supone una barrera o una dificultad. Para detectar estas debilidades, podemos formular algunas preguntas como pueden ser las siguientes:

- ¿Qué no es imprescindible?
- ¿Qué se podría mejorar?
- ¿Qué ventajas competitivas tienen mis competidores que yo no tenga?
- ¿Por qué se reducen las ventas?
- ¿Qué hacemos peor que la competencia?

En segundo lugar, se encuentra el análisis externo que estará formado por las oportunidades y las amenazas.

Oportunidades: Manifiestan las posibles fuentes de desarrollo para el proyecto o la empresa. Para detectar algunas de estas oportunidades, podemos formular algunas de las preguntas como pueden ser las siguientes:

- ¿La tendencia futura del mercado puede favorecernos?
- ¿Qué avances tecnológicos existen en el mercado?
- ¿La regulación nueva o existente nos beneficia?

- ¿Qué ventaja podemos obtener de los cambios en los sociales y de estilo de vida?

Amenazas: Son los riesgos ante una situación negativa que puede afectar de manera externa en un proyecto o una empresa. Estas amenazas han de ser estudiadas debido a que es muy importante diseñar una estrategia apropiada para poder evitarlas o minimizar los riesgos inherentes. Algunas preguntas para poder detectar amenazas:

- ¿A qué obstáculos se enfrentan las empresas?
- ¿Qué está haciendo la competencia?
- ¿Hay alguna medida social o política que me puede afectar?
- ¿Se está produciendo un cambio de tendencia?

3.2. Financiación pública.

Esta financiación depende directamente de los presupuestos públicos, los cuales variarán en función de los años. La tendencia actual, potenciada por el covid2019 describe una reducción de los fondos dedicados a las convocatorias para financiar proyectos sociales y esto supone un problema puesto que se reducen los fondos para una oferta de proyectos extensa.

La crisis del COVID-19 ha supuesto un gran cambio en este tipo de financiación puesto que los presupuestos serán diseñados con el objetivo de paliar los efectos negativos que la crisis prevé causar en la economía mundial y en especial la española que causará una pérdida del poder adquisitivo de la sociedad. Por tanto, es previsible que, durante los próximos años, este tipo de financiación se reduzca porcentualmente en beneficio de la financiación privada. Por otra parte, como se mencionó previamente, las organizaciones muy grandes, micro y pequeñas serán las menos afectadas puesto que hacen menor uso de este tipo de financiación.

Para poder acceder a las convocatorias públicas es necesario cumplir unos requisitos mínimos obligatorios para que el proyecto pueda ser evaluado, así como otros que puntuarán para tomar la decisión final con respecto a la adjudicación de los fondos públicos.

A continuación, se realizará un análisis DAFO de las convocatorias privadas en las que se analizará las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

Convocatoria pública

Para poder optar a estas convocatorias públicas será necesario cumplir con los criterios exigidos por las entidades organizadoras. De esta manera, las convocatorias tienen unas bases en las que se detalla que requisitos son obligatorios y cuales no lo son. También se especificará que parámetros se puntuarán y cómo para poder escoger el proyecto que más se ajuste a la convocatoria.

Tabla 41: Análisis DAFO de las convocatorias públicas.

Debilidades	Amenazas
• Alto tiempo de justificación. • Dinero finalista. • Identificación de convocatorias. • Alta preparación de personal. • Pérdida de la esencia del proyecto que inicialmente se desea realizar.	• Alta competencia. • Sujeto a factores externos, por ejemplo, políticos. • Retraso de la financiación. • Fondo variable de acuerdo con los presupuestos aprobados.
Fortalezas	Oportunidades
• Financiación puntual. • Precio fijo.	• Aval para terceros.

Fortalezas:

Las convocatorias públicas poseen dos fortalezas principalmente. Por un lado, se obtiene una financiación puntual que puede ser utilizada para la financiación de un proyecto en concreto, esta característica se adaptaría adecuadamente al desarrollo de este proyecto. Por otro lado, la cantidad de capital percibida es fija por lo cual no existen riesgo de variabilidad de fondos,

Debilidades:

El diseño y el desarrollo del proyecto estará condicionado por la convocatoria pública. En el caso que finalmente dicho proyecto no obtenga la financiación será difícilmente aplicable a otra convocatoria que tendrá requisitos diferentes lo que hará que el proyecto se tenga que reformular.

El dinero recibido es de carácter finalista, esto quiere decir que el dinero recibido tiene una finalidad de gasto, es decir, tendrá que ser empleado exactamente para aquellas tareas para las que se ha dispuesto. Esto puede suponer un problema puesto que las organizaciones no solo tienen gastos en los proyectos que coordinan, sino que también tienen que pagar en muchos casos nóminas, costes administrativos y operativos como puede ser pagar la factura de la luz. Este dinero finalista no se puede utilizar para cubrir estos gastos que también son necesarios para el correcto funcionamiento de la organización.

Otra complicación que se presenta en las convocatorias públicas es la necesidad de personal que esté preparado técnicamente para poder llevar a cabo la cumplimentación y administración de todos los documentos necesarios para poder optar a la convocatoria. En muchas ocasiones, este capital humano es difícil de encontrar puesto que muchas de las personas que realizan este trabajo no cobran una nómina que pueda justificar su capacidad técnica.

Finalmente, hace falta una constante monitorización del mercado para poder identificar todas las convocatorias públicas que puedan adecuarse al proyecto. Esta tarea puede llevar mucho tiempo a lo largo de periodos largos de trabajo.

Oportunidades:

La oportunidad principal que aparece es cuando se gana una convocatoria pública es que este hito puede suponer un aval para terceras entidades ya que demuestra que el proyecto es competente y ha conseguido diferenciarse lo que suele ser un signo de profesionalidad. De esta manera, en el caso de que la organización quiera recaudar fondos a través de otra financiación, será más sencillo debido al prestigio obtenido.

Amenazas:

El principal problema de las convocatorias públicas reside en la alta competitividad que hay para poder acceder a ellas. Esta competitividad es fruto de la cantidad de solicitudes que se presentan por diferentes organismos que tienen muchos años de experiencia en estas convocatorias. Por esta razón, este tipo de convocatorias no es muy popular entre aquellas organizaciones pequeñas o de nueva creación.

Por otro lado, existe un riesgo externo que consiste en la cantidad presupuestada por el gobierno para este tipo de convocatorias. Generalmente, los presupuestos reflejarán la situación económica del país, siendo más generosos en años de bonanza y crecimiento económico y más escuetos en años de crisis como la del COVID-2019.

Una vez el proyecto sea elegido, el proceso de entrega de los fondos a la organización ganadora de la convocatoria puede retrasarse produciendo un riesgo en el proyecto que se intenta llevar a cabo.

3.3. Financiación privada.

La financiación privada no lucrativa es llevada a cabo con los fondos de personas o entidades de capital privado.

Este tipo de financiación está incrementándose puesto que cada vez son mayores las cantidades de los fondos de estas entidades. Este fenómeno se puede explicar ya que, en los últimos años, viene desarrollándose la Responsabilidad Social Corporativa (RSC) por la cual la definición de empresa toma un significado más amplio debido a la necesidad social y climática que ha demostrado que las empresas tienen que colaborar con la sociedad.

En la actualidad, cada vez más, los consumidores están teniendo en cuenta las campañas de RSC que proponen las empresas. Estas estrategias, cada vez más son más necesarias para poder competir en un mercado en el que hay gran diversidad, en el que, si la empresa no es responsable, habrá otras que lo son que harán que no sea posible competir. Por razones como las expuestas previamente, se entiende que la tendencia de crecimiento

seguirá durante los próximos años a pesar de la crisis que se está sufriendo en este momento.

A continuación, se analizarán los siete tipos de financiación más relevantes:

Convocatoria privada.

Las convocatoria privadas son similares a las públicas con la salvedad que los fondos son aportados por fundaciones o entidades privadas. Sin embargo, en las convocatorias privadas, se puede encontrar mayor flexibilidad en los plazos y características de estas. En la siguiente tabla se muestra el DAFO de este tipo de financiación: [19]

Tabla 42: Análisis DAFO de las convocatorias privadas.

Debilidades	Amenazas
• Alto tiempo de justificación • Dinero finalista • Alta preparación de personal • Poco margen de actuación; proyecto sujeto a bases estrictas	• Alta competencia • Fondo variable de acuerdo con la situación económica de la entidad privada
Fortalezas	Oportunidades
• Financiación puntual • Mayor flexibilidad en comparación con las convocatorias públicas	• Creación de relaciones institucionales con la entidad • Consecución de respaldo y soporte institucional • Reconocimiento para terceros

Debilidades:

La cantidad de documentación necesaria, como en las convocatorias públicas, hace que la participación sea complicada y exija de personal preparado para poder abordar estas tareas sin cometer errores que puedan descalificar al proyecto de la convocatoria. Además, el dinero de este tipo de convocatorias será finalista por lo que no se podrá usar para pagar gastos operativos incurridos por la entidad no lucrativa.

El tiempo necesario para la monitorización de nuevas convocatorias también supone un uso extensivo del capital humano de la empresa. También, surge el mismo problema en la que se diseña el proyecto para que se adapte de la mejor manera posible a la convocatoria y en el caso de querer presentar el proyecto en otra convocatoria habrá que realizar un trabajo extra de adaptación.

Amenazas:

Como ya sucedía en las convocatorias públicas, existirá una alta competitividad debido al alto número de participantes en este tipo de convocatorias. Históricamente, son las entidades de mayor tamaño, con presupuestos mayores de 25 M€, las que suelen ganar dichas convocatorias. Sin embargo, existen pequeñas ONGs que se especializan en un tipo determinado de convocatorias privadas, lo que les aporta una ventaja competitiva para poder conseguir la financiación.

Fortalezas:

Las convocatorias privadas ofrecen una financiación puntual, no continuada en el tiempo la cual puede ser apropiada para proyectos aislados como el que se está intentando desarrollar. Por otro lado, una de las mayores diferencias que existe entre las convocatorias públicas y privadas es que estas últimas gozan de una mayor flexibilidad que hace que sean más atractivas para las entidades que buscan financiación.

Oportunidades:

Como se ha mencionado antes, las convocatorias privadas son organizadas por entidades privadas, por lo que en el caso de que se gane una de estas convocatorias, se produce una oportunidad para crear un lazo relacional con la entidad organizadora. Esto puede suponer una gran ventaja ya que se pueden proponer futuros proyectos de colaboración entre ambas partes. La posible recurrencia supone una mayor estabilidad para la entidad no lucrativa.

Por otro lado, se puede obtener un apoyo institucional que puede ser positivo en la realización del proyecto. Además, el haber conseguido la convocatoria privada supone un aval para otras empresas con las que se puede estar negociando la financiación de otros proyectos.

Convenios de colaboración.

Los convenios de colaboración se llevan a cabo cuando una ONG o asociación sin ánimo de lucro, cubre una de las competencias que debería realizar por la empresa. De esta manera, se forja una colaboración por la cual se presta un servicio. Algunos tipos de convenios de colaboración se recogen a continuación: [20]

Mecenazgo: Es la ayuda desinteresada por parte de una entidad a una ONG.

Patrocinio: Se diferencia del mecenazgo en que en esta situación sí que existe un interés por parte de la empresa que da una ayuda a la ONG. Este interés suele venir marcado por una asociación de marca de la empresa y la ONG.

Marketing con causa: Este término proviene del mecenazgo por el cual las empresas deciden realizar un marketing social interesado que permita aumentar las ventas.

El marketing con causa se encuentra en auge porque cada vez son más las empresas que dedican un porcentaje del ingreso de sus productos a realizar proyectos con ONGs para poder posicionar mejor su imagen como empresa. Esta mejora de la imagen afecta directamente en las ventas de su producto puesto que cada vez más el consumidor le da

más importancia a la RSC de la empresa como se había comentado previamente. A continuación, se muestra la tabla DAFO para analizar los aspectos más importantes de los convenios de colaboración:

Tabla 43: Análisis DAFO de los convenios de colaboración.

Debilidades	Amenazas
• Alta preparación de personal • Trabajo previo exhaustivo en la búsqueda de una empresa con la estrategia alineada con los valores de la organización	• Ruptura o interrupción del convenio por parte de la empresa • Escasa regularidad de los fondos • Riesgo de vincularse con una empresa poco ética
Fortalezas	Oportunidades
• Financiación no finalista • No es necesaria la monitorización ni identificación de convocatorias • Condiciones del convenio negociables lo que aporta cierta flexibilidad	• Creación y conservación de relaciones institucionales con la entidad • Consecución de respaldo y soporte institucional • Estabilidad generada por alianzas a largo plazo • Predisposición a realizar otros proyectos de colaboración • Campaña publicitaria gratuita por medio de la entidad

Debilidades:

La alta preparación del capital humano supone el principal hándicap de esta vía de financiación. Las tareas que se tienen que realizar incluyen buenas prácticas en temas como negociaciones y relaciones institucionales principalmente. Además, es necesario la continua búsqueda de posibles candidatos para poder firmar un convenio puesto que se tiene que analizar que las estrategias de la empresa y la ONG se encuentran alineadas.

Amenazas:

En este tipo de financiación se puede producir una dependencia de la ONG con la empresa que se firma el convenio, esto es producido debido a que la regulación legal es de carácter limitado en comparación con otros tipos de financiación. Esta situación puede provocar la ruptura del contrato de colaboración por parte de la empresa, situación que dejaría en una situación precaria a la ONG.

Por otro lado, se produce una variabilidad de los fondos recibidos puesto que en muchos caso, estos dependen directamente de los ingresos de la empresa. Por tanto, esta variable produce incertidumbre a la hora de estimar las cantidades y el tiempo en el que se van a recibir los fondos.

Finalmente, otro de los riesgos es firmar un convenio con una empresa que pueda desviarse de los principios éticos marcados en el convenio de colaboración. Esta situación podría ocasionar un deterioro de la imagen de la ONG que colabora con dicha empresa.

Fortalezas:

La principal ventaja de este tipo de financiación es que el dinero no es finalista puesto que se puede negociar las condiciones en el contrato de colaboración. Esto supone que la ONG podrá hacer el uso que estime más oportuno con los fondos recibidos mientras que sea un uso justificado.

La monitorización, identificación y preparación de documentos para convocatorias se sustituye por las negociaciones institucionales lo que supone un ahorro considerable de tiempo y de otros recursos.

En este proceso de negociación, la ONG puede establecer desde el comienzo las condiciones del proyecto y adaptar la financiación al proyecto y no al revés. Esto supone un ahorro de adaptabilidad del proyecto que era necesario en otras vías de financiación como las convocatorias públicas y privadas.

Oportunidades:

La principal oportunidad de los convenios de colaboración reside en la posible expansión de los canales de comunicación y distribución que se pueden poner al servicio de la ONG. También el incremento de convenios firmados con diferentes empresas puede aportar estabilidad en el tiempo para poder financiar de manera recurrente diferentes proyectos.

Firmar un convenio con una empresa de prestigio supone una mejora de la imagen de la ONG aparte de recibir de la empresa soporte y respaldo institucional, útil debido a que la naturaleza de los proyectos desarrollados por entidades sin ánimo de lucro tiene muchos riesgos asociados.

En el caso de que los proyectos desarrollados a raíz de los convenios de colaboración sean exitosos, se puede producir nuevos convenios para poder desarrollar otros proyectos.

Crowdfunding.

El crowdfunding es un tipo de mecenazgo a pequeña escala, es decir, es una financiación colectiva que normalmente se realiza a través de una plataforma online. El objetivo de esta financiación es financiar un proyecto a cambio de una recompensa o simplemente de manera altruista. Para poder llevar a cabo este tipo de financiación, es necesario llevar a cabo una campaña de comunicación para poder dar visibilidad al proyecto y así tener éxito en la recaudación de fondos. Existen diferentes tipos de crowdfunding: [21]

Crowdfunding de donación: El beneficio de las personas o entidades que donan es íntegramente emocional.

Crowdfunding de recompensas: las personas que realizan una donación reciben una recompensa o servicio.

Crowdfunding de acciones: Se entrega una participación de un proyecto por la donación realizada.

Crowdfunding de préstamos: Es una financiación que requiere de una rentabilidad por el capital prestado.

Por otro lado, si se quiere realizar este tipo de financiación es necesario conocer el proceso de una campaña de crowdfunding. Las fases se pueden dividir en:

1. **Presentación del proyecto:** Se presenta y se describen los objetivos y el contenido del proyecto en la plataforma. Para ello, es necesario contabilizar la cantidad de dinero necesaria y el tiempo para la consecución del proyecto.
2. **Valoración del proyecto:** La plataforma o comunidad valora el proyecto y el interés.
3. **Aceptación del proyecto:** Se publica la página que recoge la descripción y los objetivos técnicos y económicos del proyecto.
4. **Campaña de marketing:** Su finalidad será promover lo máximo posible la página de la plataforma para conseguir el objetivo de financiación.
5. **Cierre del proyecto:** Cumplimiento del plazo establecido para financiar el proyecto. Se compara la financiación que se ha obtenido con la financiación objetivo.

Entre los diferentes crowdfunding explicados anteriormente, en este proyecto se analizará el crowdfunding de donación puesto que es el que más se puede adaptar al proyecto. A continuación, se muestra el DAFO de esta línea de financiación:

Tabla 44: Análisis DAFO del crowdfunding..

Debilidades	Amenazas
• El tiempo necesario para llevar a cabo la campaña promocional • El capital humano necesario para la ejecución de una campaña promocional efectiva • Buen manejo de las redes sociales y de los medios de comunicación	• Exceso y diversidad de ofertas de proyectos en la plataforma • Ningún panorama legal que respalde a la organización • Crisis económica ocasionada por el coronavirus
Fortalezas	Oportunidades
• Flexibilidad para apoyar tanto a entidades como a proyectos concretos • Dinero de carácter no finalista • El único intermediario es la plataforma, sin necesidad de recurrir a procesos complicados y largos • Diversificación del riesgo: la recaudación no depende de una sola persona • Sin límite en cuanto a cantidad de proyectos y cobertura • Capacidad de percibir una gran cantidad de capital por medio de pequeñas aportaciones	• Generación de un vínculo sentimental entre donante y organización y sensación de pertenencia a la misma • Generación de interés que posibilita un aumento de las aportaciones • Retroalimentación, alta probabilidad de que los mismos donantes se sensibilicen por otro proyectos de la organización • Herramienta de publicidad • Aumento de la participación en redes sociales y plataformas online

Debilidades:

La realización de una campaña de comunicación exitosa supone la mayor dificultad en este tipo de financiación. Aunque el proceso elemental explicado previamente pueda parecer sencillo, hace falta experiencia, coordinación y buenas prácticas para poder realizar la campaña con éxito y conseguir los fondos que se establecen como objetivo.

Otro aspecto a tener en cuenta es la administración necesaria tanto para la recolección de os fondos como también para detectar el tipo de contribuyente con el fin de poder establecer un perfil objetivo para futuras campañas de marketing. En resumen, es necesario una alta capacidad de organización para poder gestionar una actividad con muchas complejidades.

Este tipo de financiación está pensado para financiar proyecto a largo plazo puesto que el desarrollo del proceso requiere mucha planificación y tiempo para poder ejecutarla de manera correcta. Por esta razón, el crowdfunding se debería descartar si se busca financiación en el corto plazo.

Amenazas:

La principal dificultad que se presenta en el crowdfunding es que existe una gran competitividad debido a que en las plataformas es sencillo encontrar multitud de

proyectos. Por esta razón, es de vital importancia poder distinguirse y contar con una red de comunicación que pueda dar visibilidad al proyecto.

Otro de los inconvenientes que tiene esta línea de financiación es que la regulación de este tipo de financiación no es clara puesto que no lleva mucho tiempo existiendo.

Las crisis como el COVID-2019, suponen amenazas al crowdfunding puesto que el poder adquisitivo medio del país disminuye y esto se resume a que las personas redistribuyen sus gastos, siendo las donaciones uno de los primeros gastos en ser recortados.

Fortalezas:

Algunas de las ventajas más notables del crowdfunding son su flexibilidad y su sencillez para exponerse ante multitud de posibles donantes que son ajenos al proyecto. Las propias plataformas permiten contribuir con un proyecto en particular como con una entidad no lucrativa. Esto significa que se puede obtener dinero no finalista para cubrir gastos indirectos de operación.

A pesar de tener que hacer una campaña de comunicación y marketing, con el crowdfunding se elimina la necesidad de contactar y convencer individualmente a posibles financiadores con el ahorro de tiempo que este proceso puede suponer.

Otro de los aspectos positivos consiste en la reducción del riesgo por la diversificación de donaciones, en el caso de que un donante quisiera retirar la donación porque no estuviese conforme con el desarrollo del proyecto. Esta pérdida no supondría la interrupción del proyecto. Sin embargo, en otros tipos de financiación, como pueden ser la colaboraciones, si este evento sucediera, la consecución del proyecto se vería muy condicionada.

Oportunidades:

La posibilidad de crear una relación más cercana con los donantes, la cual se potencia más si el proyecto es exitoso. Cuando esto pasa, se produce un efecto de retroalimentación sobre el sentido de pertenencia al proyecto y aumentan las posibilidades de que este donante participe en futuras campañas. Este efecto no es más que la fidelización de donante lo cual supone una de las oportunidades más importantes puesto que la mayor dificultad para una entidad no lucrativa consiste en tener unas fuentes de ingresos suficientes y estables para poder llevar a cabo los proyectos propuestos.

Otra de las oportunidades que supone este tipo de financiación consiste en que, al haber muchos donantes, se pueda producir un efecto de publicidad más conocido como el “boca a boca” que hace que la campaña pueda tener un mayor alcance y da la oportunidad de poder captar socios nuevos que puedan participar en otros proyectos.

Finalmente, en la actualidad se está produciendo un auge de las cantidades recaudadas por las plataformas de crowdfunding puesto que cada vez hay más personas que usan redes sociales donde puede encontrar una fuente cada vez más grande de posibles donantes.

Cuota de socios.

Esta línea de financiación se base en la contribución periódica o puntual de fondos por parte de los socios.

Uno de los aspectos más importantes es el prestigio y la exposición que tenga la ONG. Para mejorar esta característica una de las acciones que suelen llevar a cabo las ONG es la redacción de informes informativos para que los socios puedan saber de los proyectos y el alcance de la entidad.

La principal diferencia entre donante puntual y socio consiste en que el socio tiene un compromiso con la entidad que financia. Generalmente los donantes puntuales se producen por una fuerte identificación con un proyecto mientras que los socios surgen a partir de muchos intereses alineados.

En función del servicio entregado podemos diferenciar entre dos tipos de cuotas de socios:

1. **Cuotas a partir de una contraprestación de servicios:** El usuario entrega unas cuotas de dinero por haber recibido un servicio.
2. **Cuotas a partir de donaciones:** El socio no se involucra directamente en la tarea que desarrolla la entidad no lucrativa, pero si ayuda económicamente.

En este proyecto se analizará las cuotas de donaciones. A continuación, se recoge el DAFO para esta línea de financiación.

Tabla 45: Análisis DAFO de las cuotas de socio.

Debilidades	Amenazas
• Campaña de comunicación compleja • Necesario un buen sistema administrativo que procese con agilidad toda la información • Recursos humanos y económicos limitados • Fuente de financiación rentable a largo plazo	• Mercado muy competitivo • Pérdida de socios en el caso de que haya un escándalo o crisis dentro de la organización
Fortalezas	Oportunidades
• Fuente de ingresos estable y predecible • Independencia económica y administrativa • Dinero no finalista	• Amplio apoyo social con el que demostrar que la organización es representativa • Posibilidad de recurrir a ventas cruzadas • Creación de una red de personas con intereses semejantes

Debilidades:

Para poder aumentar y mantener la base de socios es necesario llevar a cabo una buena campaña de marketing y comunicación que puede llegar a ser compleja. Se ha demostrado que la personalización de estos canales de comunicación hacia los simpatizantes hace que aumente la captación dentro de esta modalidad. El problema reside en el tiempo que se necesita para poder llevar a cabo estas acciones que en muchos casos no será viable para entidades pequeñas.

Amenazas:

El enemigo principal de este tipo de financiación es la fuerte competitividad que existe en la captación de socios. El mercado está saturado de trabajadores de grandes ONGs que se dedican íntegramente a la reclutación. Por esta razón, para aquellas entidades de menor tamaño que no tienen el capital humano ni los recursos, esta vía no es adecuada. En el caso de que se decida competir lo más importante será la campaña de marketing para poder fidelizar nuevos clientes.

Por otro lado, hay que estar pendientes de posibles problemas administrativos, escándalos o crisis ya que pueden producir la pérdida de un gran número de socios en un periodo corto de tiempo.

Fortalezas:

El punto más fuerte de las cuotas de socio es que supone un ingreso periódico que aporta una gran estabilidad a la entidad que la recibe. Generalmente, no se producen incrementos o decrementos marcados en la base de socios por lo que esto permite proyectar los fondos que se van a recibir en el futuro con el fin de poder diseñar proyectos que se ajusten a estos presupuestos.

El dinero recibido por esta vía es de carácter finalista por lo que la ONG podrá destinarlo a aquellas derramas que sean más urgentes o puedan tener más impacto.

Oportunidades:

A pesar de la dificultad que supone construir una base sólida y fiel de seguidores, este grupo social supone un apoyo hacia la imagen de la entidad que puede ser usada en futuras negociaciones para conseguir financiación. Lo que se quiere decir con más exactitud es que no es lo mismo que confiar en una organización cien personas que un millón.

De la misma manera, el tener una base social con intereses semejantes, en ciertas situaciones en las que los socios muestran un especial compromiso se pueden llegar a reclutar voluntarios. Además, ante la existencia de este grupo con estas características surge la posibilidad de realizar cross-selling por el cual se ofrecerán productos a personas cuyos intereses estén alineados con estos.

Venta de productos.

La venta de productos supone otra alternativa de financiación por la cual se realiza la venta de productos que tengan relación con los proyectos que están realizando para recaudar más fondos. Sin embargo, esta línea en la mayoría de los casos no debería de realizarse de manera independiente, sino que debería estar acompañada por otra línea de financiación. Un ejemplo de este tipo de financiación se encuentra implementada en la empresa AURA la cual vende agua embotellada y derivados para poder llevar agua a las personas que más lo necesitan. En la siguiente tabla podemos encontrar el DAFO realizado para analizar este tipo de financiación.

Tabla 46: Análisis DAFO de la venta de productos.

Debilidades	Amenazas
• Generalmente se requiere de un desembolso de capital inicial. Sin embargo, se puede reducir el riesgo llevando a cabo una prevent del producto • Formulación de estrategias de marketing • Necesidad de recurrir a personas cualificadas para el desarrollo de una red comercial concurrente • Esfuerzo en términos de tiempo y coste en la búsqueda y elección de proveedores	• Alta competencia: mercado saturado de ofertas
Fortalezas	Oportunidades
• Mayor alcance mediante la diversificación de productos • Dinero no finalista	• Alta participación de la sociedad en redes sociales por medio de las cuales publicitarse • Tendencia en alza de compras online • Escalabilidad de la venta de productos

Debilidades:

El principal problema de la venta de productos es que en la mayoría de los casos es necesario realizar una inversión inicial. Para poder tratar este riesgo, se puede llevar a cabo un estudio de las necesidades de los clientes como por ejemplo sería anunciar un producto que aún no ha sido fabricado para ver el recibimiento por parte del público objetivo.

Para poder incrementar las ventas del producto será necesario llevar a cabo una campaña de marketing efectiva, donde se estudiará cuando es más conveniente realizar las inversiones con el fin de vender más productos.

Por otro lado, el diseño del producto y la búsqueda de posibles proveedores que se encarguen del desarrollo del producto puede requerir grandes cantidades de tiempo. También en función de la complejidad del producto, el diseño puede requerir de conocimientos técnicos. Sin embargo, esta no es la tendencia generalmente.

Amenazas:

La competitividad supone el hándicap mayor en este tipo de financiación puesto que hay muchas ONGs que se encuentran vendiendo multitud de productos. Por esta razón, es necesario poder diferenciarse, tarea que requiere mucha creatividad y una buena ejecución.

Fortalezas:

La ventaja principal de la venta de productos es que la elección del producto aporta mucha flexibilidad para orientarlo hacia diferentes perfiles de consumidores. De esta manera, se puede llevar a cabo una estrategia de diversificación para poder captar más clientes. Un ejemplo de esta situación se encuentra anteriormente mencionada empresa AURA quien aumento su oferta de productos, al principio solo vendían agua, incluyendo refrescos gaseosos. Con este tipo de estrategias es posible mejorar los ingresos recaudados.

Por otro lado, el dinero obtenido por la venta de productos es un dinero de carácter no finalista por lo que la empresa podrá emplear dichos fondos en los proyectos que más lo necesiten.

Oportunidades:

El crecimiento de uso de las redes sociales que se está viviendo en los últimos años, supone una oportunidad para poder llegar a más consumidores ya que supone un medio de comunicación asequible, con un alcance muy alto y con un potencial de captación mayor que medios más clásicos.

Otra de las oportunidades podría consistir en la creación de un e-commerce para poder vender de manera online los productos desarrollados. En la actualidad, se pueden encontrar herramientas para construir este tipo de tienda online sin tener un conocimiento de programación lo que haría que se pudiera considerar como una herramienta que no requiera de capital humano con conocimientos técnicos.

Finalmente, si la entidad ya tiene una línea de productos, podría ser una buena oportunidad crear más productos para poder tener más alcance.

Organización de eventos.

En esta línea de financiación es necesario llevar a cabo una comunicación directa con aquellas personas que estén interesadas en apoyar el proyecto o la entidad. Además, da la oportunidad de poder comunicar los siguientes hitos y los avances de las campañas o proyectos que se están realizando en ese momento. Sin embargo, la realización de este tipo de eventos supone un riesgo económico ya que supone una correcta ejecución administrativa, organizativa y de inversión, en el caso que no se haga de manera adecuada puede realizar ser contraproducente del punto vista económico de la ONG.

Algunos de los eventos que se pueden llevar a cabo son conciertos benéficos, torneos deportivos, carreras solidarias o cenas benéficas entre otros. A continuación, se muestra el DAFO realizado para la organización de eventos.

Tabla 47: Análisis DAFO de la organización de eventos.

Debilidades	Amenazas
• Se requiere de tiempo y trabajo en organizar el evento • Se requiere de una amplia difusión para rentabilizar el evento • Necesaria una planificación minuciosa • Estudio del público al que se dirige el evento	• Riesgo de no cubrir los costes e incurrir en pérdidas económicas • Riesgo de cancelación del evento por incumplimiento contractual de cualquiera de los proveedores
Fortalezas	Oportunidades
• Dinero de carácter no finalista • Financiación puntual	• Mayor representatividad de la organización • Aumento de la reputación de la organización en caso de éxito del evento • Oportunidad para sensibilizar al público con los objetivos de la organización • Buena ocasión para realizar venta de productos

Debilidades:

Una de las debilidades principales reside en que la dificultad de planificación y organización que supone un evento aumenta a medida que tiene mayor tamaño. La planificación tiene que ser llevada a cabo al detalle para que el evento pueda desarrollarse de manera correcta. Esta actividad requiere de tiempo y organización de muchas personas que deberán participar para poder obtener el máximo rendimiento del evento.

Se necesita emplear tiempo en seleccionar el público objetivo del evento para así poder elegir el tipo de evento que mejor se adapte las necesidades encontradas.

La campaña de comunicación del evento requiere de una capacidad organizativa que no es fácil de encontrar dentro de las entidades sin ánimo de lucro.

Amenazas:

La amenaza más importante para tener en cuenta reside en que después de haber organizado y realizado el evento se hayan incurrido en pérdidas por parte de la entidad organizadora. Esta situación es más común de lo habitual por lo tanto tiene que ser cuidadosamente analizada ya que la pérdida es doble, no solo existe una pérdida económica sino una pérdida del tiempo del capital humano que podría haber realizado otra actividad en ese tiempo.

Para poder reducir el riesgo ante esta situación se deberá intentar controlar los imprevistos como puede ser la climatología o la simultaneidad de fechas con otros eventos de gran atracción como pueden ser partidos de fútbol.

Con menos probabilidad de suceso, también se puede producir una cancelación por parte de algún proveedor del evento. Por lo tanto, sería conveniente establecer un plan secundario para poder actuar con rapidez y evitar una posible suspensión del evento con las consecuencias que ello acarrearía.

Fortalezas:

Los fondos recaudados no son de carácter finalista por lo que se podrá sufragar con ellos tanto los costes directos como indirectos de la entidad. Además, la realización de eventos de adapta muy bien a la estructura de los proyectos individuales como es el propuesto ya que supone una forma muy directa para conectar con la audiencia que va a financiar parte del proyecto. También, el poder comunicarse directamente con los promotores del proyecto podrá motivar a los simpatizantes a que se realicen más donaciones.

Oportunidades:

Estos eventos son fuentes potenciales de aumento de los lazos emocionales con las personas que participan en ellos de tal forma que existe la posibilidad de captar nuevos socios e incrementar la base social de la entidad.

Los eventos suponen una oportunidad para poder dar a conocer la ONG y en el caso de realizarse de manera profesional, puede mejorar considerablemente la imagen de la empresa, haciendo más sencillo el poder encontrar a futuros aliados con los que realizar colaboraciones.

Finalmente, una de las prácticas comúnmente llevadas a cabo en los eventos es la venta de productos relacionados con el proyecto que se quiere financiar para expandir la recaudación.

Herencias y legados solidarios

Las herencias y legados solidarios es una forma de donación que queda recogida en el testamento de una persona. Este tipo de financiación puede recibirse de diferentes formas a que no solo se dona dinero sino también, activos inmuebles, objetos de valor y otros. España no destaca por una gran cantidad de legados solidarios como pueden ser otros países angloparlantes. Este tipo de financiación puede llegar a ser una de las vías más grandes de financiación para ONGs.

El análisis DAFO realizado para este apartado, que recogido a continuación:

Tabla 48: Análisis DAFO de las herencias y legados.

Debilidades	Amenazas
• No aporta una estabilidad económica sólida debido a la alta incertidumbre que rodea a esta vía de financiación • Tramitación compleja y gestión administrativa tediosa • Pueden surgir problemas cuando se trata de un bien legado de carácter compartido	• Práctica poco regular en España • Alta competencia fruto de la poca oferta
Fortalezas	Oportunidades
• Esta financiación goza de deducciones fiscales • Cualquier bien, tangible o intangible, puede ser de ayuda • Dinero de carácter no finalista • Alto valor económico de ciertos bienes legados	• Aumento de los porcentajes de deducción para donaciones desde enero de 2020

Debilidades:

Los legados y herencias son donaciones puntuales que no se sabe cuándo se van a recibir. Por tanto, esta línea de financiación es imprevisible y no aporta una estabilidad económica mientras no sea percibida. Además, la tramitación de la documentación necesaria para traspasar los bienes en algunas ocasiones puede llevar mucho tiempo y ser costosa. Un ejemplo podría ser la herencia parcial de una bien inmueble. Este bien no podrá ser explotado hasta que no se venda al otro propietario a un tercero.

Amenazas:

La mayor amenaza de las herencias y los legados consiste en que hay mucha competitividad para obtener dichos fondos. Principalmente por parte de las grandes

ONGs que suelen ser en la mayoría de los casos quienes consiguen explotar más esta vía de financiación.

Fortalezas:

La principal ventaja de este tipo de financiación es que se puede conseguir deducciones fiscales que anima a más personas a donar fondos en sus testamentos. Otra ventaja, es la versatilidad de las aportaciones que se puede encontrar en los testamentos puesto que cualquier objeto que tenga valor puede ser donado, no solo dinero.

El dinero recibido por medio de herencias y legados no es finalista por lo que la entidad que reciba estos fondos tendrá libertad para poder operar con ellos.

Otra ventaja significativa consiste en que en este tipo de financiación es común obtener un valor económico alto en poco tiempo lo que puede aportar gran liquidez a la entidad beneficiaria.

Oportunidades:

Una oportunidad clave se encuentra en una posible reducción de impuestos. Esta situación se ha dado en 2020 cuando se ha aprobado por ley una deducción del 80 % para donaciones menores o iguales de 150 € y para las cantidades superiores la deducción pasa de 30 % a 35 %.

Apadrinamiento

Los donantes realizan donaciones que van dirigidas generalmente a una persona o una población. El apadrinamiento se encuentra en crecimiento puesto que cada vez hay más ONGs que hacen esta propuesta debido a que han visto el potencial de la fidelización de los padrinos debidos a los fuertes lazos emocionales que se pueden llegar a crear. En algunos casos, esta fidelización personal hacia el individuo apadrinado también se traslada a la entidad. Este tipo de financiación consistirá en contribuciones periódicos por parte del padrino al apadrinado, estos fondos se utilizan para mejorar la vida de este último y de su comunidad.

Tabla 49: Análisis DAFO del apadrinamiento.

Debilidades	Amenazas
• Dificultad en captar padrinos a media y gran escala • Necesario una buena estrategia a través de los medios de comunicación • Altos costes administrativos y contables • Dinero finalista	• La crisis económica ocasionada por el coronavirus reducirá la recaudación de fondos • Alta competencia en el contexto de campañas publicitarias
Fortalezas	Oportunidades
• Estabilidad económica en el tiempo • Fidelización de los donantes • Creación de una base social dedicada	• Participación masiva en redes sociales y medios de comunicación online

Debilidades:

La captación de padrinos es complicada debido a la competitividad y también porque a este donante, generalmente, se le exige más participación e involucración que en otros tipos de financiación. Esto se debe a que un padrino no es solo una persona que dona dinero, sino también una persona que da soporte emocional al apadrinado.

Para la captación de estos padrinos, es necesario llevar a cabo una campaña de comunicación efectiva y que sensibilice a los potenciales padrinos. Esto supone una obstáculo grande ya que este tipo de campaña son complejas y requieren de muchos recursos humanos, de tiempo y de dinero. Recursos que no abundan en la mayoría de las entidades sin ánimo de lucro.

Por otro lado, la gestión inherente a este tipo de financiación es costosa y requiere de tiempo. Puesto que el apadrinamiento va ligado con servicios como correspondencia postal u otras comunicaciones que tienen costes en especial para las zonas donde se localiza el apadrinado donde no se tiene la infraestructura más adecuada.

Finalmente, el dinero recibido a través del apadrinamiento es de carácter finalista por lo que los fondos tendrán que ser utilizados con la finalidad del beneficio del apadrinado.

Amenazas:

El efecto de las crisis como puede ser el COVID-2019 supone una reducción del poder adquisitivo de las familias lo que en muchas ocasiones afecta directamente en la aportaciones sociales.

Otro riesgo que se encuentra latente es el aumento de competitividad por parte de ONGs que poseen más recursos y puedan hacer campañas de marketing con más alcance llegando a saturar el mercado.

Fortalezas:

La principal ventaja de este tipo de financiación es que permite a las ONGs una estabilidad económica en varios de sus proyectos sociales. Además, este modelo se caracteriza por conseguir una fuerte fidelización en la que se forja una relación fuerte y directa. Esta relación consigue tener una base social que pueda contribuir en futuros proyectos.

Oportunidades:

La utilización de las redes sociales como se ha mencionado previamente en el proyecto supone la posibilidad de tener un alcance mayor y llegar a más personas, supone la principal oportunidad para esta vía de financiación

3.4. Financiación del proyecto

Financiación por vías tradicional

Una vez estudiados los diferentes tipos de financiación no lucrativa se ha considerado que las vías más adecuadas para la financiación de este proyecto son la organización de eventos y el crowdfunding.

Por las características recogidas anteriormente en el proyecto, la organización de eventos y el crowdfunding son los dos tipos de financiación que mejor se adaptan al proyecto. Además, estos tipos de financiación pueden crear sinergias ya que la organización del evento se puede emplear para impulsar la estrategia de comunicación de la campaña de crowdfunding.

Una vez elegidos las vías de financiación que se van a usar, es necesario estimar la cantidad de fondos que van a poderse recaudar para analizar si el proyecto se puede sustentar a partir de estas dos vías. Con este fin, se ha consultado diferentes Trabajos de Final de Grado y Máster con proyectos semejantes al desarrollado en este documento en los cuales se haya llevada a cabo una campaña de crowdfunding y la organización de eventos.

Entre los destacados se encuentra el Proyecto Zimbabwe, el cual engloba cerca de diez trabajos de final de grado. Sin embargo, solo se pudieron llegar a implementar tres. Estos proyectos se realizaron junto a una ONG o contraparte denominada Child Future Africa (CFA), la cual se encargaba del sustento de un orfanato en Mount Darwin al norte del país. El objetivo del Proyecto Zimbabwe consiste en llevar a cabo proyectos que mejoraran las condiciones debida del orfanato y de la comunidad. Los proyectos que se llevaran a cabo fueron:

1. Diseño y construcción de un nuevo edificio para poder albergar a más huérfanos.
2. Diseño e implementación de un sistema de captación de agua y regadío autosuficiente.
3. Diseño del sistema de distribución de agua para el centro escolar al que acuden los niños.

Como se puede observar, los proyectos mencionados anteriormente tienen mucho parecido con el proyecto descrito en este documento. Por esta razón, es interesante estudiar las vías de financiación que hicieron posible la implementación de estos proyectos el año pasado.

Este proyecto utilizó las dos vías de financiación que se han considerado para financiar este proyecto, se llevó a cabo una campaña de crowdfunding y se realizaron eventos benéficos.

Para la campaña de crowdfunding se utilizó la plataforma “StockCrowd”, siendo una campaña conjunta de todo el Proyecto Zimbabwe. De esta manera, los fondos recogidos serían empleados en aquellos proyectos que finalmente se llevasen a cabo. La idea del

proyecto que se expone en este documento es muy similar puesto que la financiación que se pretende conseguir busca la implementación de dos proyectos, el proyecto de Abastecimiento de agua y la instalación del sistema eléctrico del colegio San Francisco Javier. En el caso de que solo se llevase a cabo uno de los dos proyectos, en este, se emplearían todos los fondos. La ventaja de realizar una campaña conjunta reside en las sinergias creadas para conseguir captar más donantes ya que el proyecto tiene una repercusión mayor que la que tendría cada uno por separado.

El proyecto Zimbabwe consiguió un total de 10,343 euros en la campaña de crowdfunding con un total de 61 participantes como se muestra a continuación.

Ilustración 8. Campaña de crowdfunding Project Zimbabwe [22]



Figura 44: Fondos recaudados en la campaña de crowdfunding del proyecto Zimbabwe.

Por otro lado, la alumna Paloma Gómez de Olea se encuentra desarrollando su Trabajo de Final de Máster con la Fundación de Ingenieros de ICAI, la misma entidad que impulsa este proyecto. El proyecto llevado a cabo por Paloma consiste en una colaboración con la ONG “Les Enfants du Soleil” cuyo objetivo principal es dar educación y reinserir a los niños huérfanos de Madagascar. Su proyecto consiste en la creación y organización de un material lectivo relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Para llevar a cabo este proyecto, Paloma realizó una campaña de crowdfunding en la plataforma “mi grano de arena”. En este caso, se consiguió recaudar un total de 4,000 euros con una participación de 85 participantes como se muestra a continuación.



Figura 45: Fondos recaudados en la campaña de crowdfunding por el proyecto de Paloma Gómez de Olea.

A partir de estos dos casos prácticos que se han expuesto previamente, es razonable establecer una cifra objetivo de 6,000 euros para este proyecto en el caso de que se organizara finalmente la campaña de crowdfunding. La razón de esta aproximación reside en que los proyectos tienen muchos aspectos en común y cuentan con los mismos medios y vías de comunicación.

En cuanto a la organización de eventos, el proyecto Zimbabwe llevo a cabo diferentes actos benéficos entre los que destacan una fiesta en una sala de música, un campeonato de fútbol sala y un torneo de padel. Estos eventos se tomarán como ejemplo puesto que son perfectamente extrapolables al proyecto desarrollado en este documento. La principal ventaja de los eventos deportivos es que se puede hacer uso de las instalaciones de la propia universidad lo que hace que el margen de recaudación aumente de manera considerable al no tener que pagar por el alquiler del espacio. Por otro lado, el concierto benéfico que se llevó a cabo por este proyecto supone más complejidad debido a los argumentos que se han explicado en los comentarios al DAFO de este tipo de financiación. Sin embargo, a pesar de que exista más riesgo, también existe la posibilidad de recaudar más fondos.

Para este proyecto se realizó una investigación de los ingresos que se obtuvieron en dichos eventos sin éxito puesto que estos que no se encontraban registrados en ninguna de las memorias de los proyectos anteriormente mencionados. Por esta razón, se decidió consultar personalmente a Paloma Gómez de Olea para poder estimar la recaudación potencial que se puede lograr en uno de estos eventos. En base al feedback recibido se considera que la organización de un evento como es un concierto benéfico podría recaudarse 2,000 euros. Por otro lado, se estima que la organización de un evento deportivo se podría obtener unos fondos en torno a los 400 euros.

En el caso que se realice una campaña de crowdfunding, un concierto benéfico y un evento deportivo se podría recaudar un total de unos 8,400 euros lo que no podría cubrir la integridad del proyecto puesto que solo supone aproximadamente un 15 % del presupuesto final. A diferencia de los proyectos anteriores. El proyecto llevado a cabo en el colegio San Francisco Javier requiere una inversión de capital más intensiva por la naturaleza de sus dispositivos y de la logística que se tiene que llevar a cabo. Por tanto, estas vías de financiación serán consideradas como vías complementarias a otra vía de financiación no convencional que se explicará en el siguiente apartado del trabajo.

Financiación de Manos Unidas

En vista de la necesidad de buscar una tercera vía de financiación para el proyecto, se presenta un tipo de financiación no convencional por la cual se espera percibir la cantidad restante de fondos a partir de ONG Manos Unidas. La naturaleza de esta financiación es un convenio de colaboración entre la Fundación de Ingenieros de ICAI, actuando como contraparte y representante del colegio San Francisco de Javier, y Manos Unidas.

El funcionamiento de las ONGs de gran tamaño como es el caso de Manos Unidas es complejo ya que tiene alcance en muchos países a lo largo del mundo. La manera de operar de este tipo de entidades se basa en la alianza con otras entidades locales sin ánimo de lucro de menor tamaño también conocidas como contrapartes.

Estas contrapartes son las mejores conocedoras de las necesidades que se tienen en la zona por lo que ellas son las impulsoras de los proyectos, generalmente son las encargadas de realizar una propuesta y de llevarla a cabo. Por tanto, el primer paso de Manos Unidas consiste en la recepción y el estudio de todas las propuestas que son enviadas por sus contrapartes. Estos proyectos serán cuidadosamente estudiados por un equipo técnico de Manos Unidas para comprobar su viabilidad y su idoneidad.

Una vez se realice este estudio, se deberá llevar a cabo la elección de los proyectos que se van a realizar, dichos proyectos serán ejecutados por la contrapartes que deberán de comunicar el proceso de desarrollo de este y justificar el uso de los fondos. Es importante remarcar que la mayor tarea que realiza Manos Unidas es la búsqueda de financiación para que todos estos proyectos sean factibles y la comprobación de que están fundamentados en bases sólidas.

La financiación captada por Manos Unidas proviene principalmente de vías privadas. En línea con su estudio anual de operación del año 2018, sólo el 12,6 % de los fondos recaudados provinieron de fuente públicas, el resto fueron aportaciones del sector privado. Dentro de este segmento, los fondos recibidos directamente de socios supusieron el 40,7 %. Finalmente, los fondos recaudados a lo largo del año 2018 fueron de 48,248,884 euros.

En esta modelo de financiación no tradicional, la Fundación de Ingenieros de ICAI actúa como contraparte de Manos Unidas en representación del colegio San Francisco Javier. Por tanto, este proyecto será analizado por sus equipo técnico para comprobar la viabilidad de este.

La cooperación entre Manos Unidas y la Fundación de Ingenieros de ICAI basa su coherencia en la alineación de intereses y creencias. La fundación es regentada por la Compañía de Jesús mientras que Manos Unidas es una entidad formada por la Iglesia Católica. Por tanto, es de esperar que la desarrollo de este proyecto pueda tener cabida en el futuro desempeño de objetivos de Manos Unidas por lo que es lógico que la financiación del proyecto sea plausible por dicha ONG.

Una ventaja derivada de esta cooperación es el apoyo institucional de una entidad que ha realizado múltiples proyectos en África, en especial, en país con situaciones similares que

las que posee Chad. Por lo tanto, se puede usar esta experiencia para poder optimizar el proyecto y conseguir unos resultados y un alcance más satisfactorio.

Manos Unidas es una de las ONGs más presentes en Chad, opera en este país desde 1973 contribuyendo en la mejora de muchos campos como puede ser la salud, la educación, la nutrición etc. Favoreciendo así a muchos poblados y personas. Algunos proyectos que se han llevado en este país son:

- En el año 2018, a través de la contraparte “Cáritas de la diócesis de Lai” se elaboró un plan de formación y creación de cooperativas para poder impartir cursos de técnicas de regadío para poder sacar partido a los cultivos en aquellos momentos más secos del año. La repercusión de este proyecto fue la creación de 42 cooperativas formadas a su vez por 603 hombres y 447 mujeres.
- En el año 2017, junto a sus aliados, los misioneros de San Francisco de Sales (MSFS) se construyó y se sigue operando un centro escolar internado con el objetivo de mejorar la calidad académica puesto que muchos estudiantes tenían problemas de desplazamiento. Este proyecto requirió de un total de 51,998 euros.

En conclusión, se ha de destacar la importancia de poder colaborar con una ONG que tenga un potencial grande de captación de financiación y que posea una misión y unos objetivos alineados con el proyecto y la Fundación de Ingenieros de ICAI. Estas circunstancias, suponen una gran ventaja para que se pueda conseguir financiar y ejecutar el proyecto a lo que se le debería añadir el respaldo de una organización del prestigio de Manos Unidas.

A pesar de todas las sinergias que han sido descritas anteriormente, el crisis del COVID-2019 ha interrumpido la operación tradicional de muchas ONGs entre las que se incluye Manos Unidas. Esto es debido a que dichas organizaciones se encuentran sumidas en el combate de esta crisis en diferentes países, lo que hace que requiera de un uso intensivo de los fondos de estas entidades. Por esta razón, las negociaciones de financiación de este proyecto con Manos Unidas se encuentran paralizadas, previsiblemente hasta que se vuelva a la normalidad.

4. Logística

4.1. Introducción

La situación del comercio y el transporte en Chad es de la misma índole que en otros países que carecen del litoral en África subsahariana. Los puertos más cercanos a Chad son Douala, Camerún y Lagos, Nigeria. Estos puertos se sitúan a unos 7,000 km de Djamena. El principal corredor con Douala es intermodal, esto quiere decir que se realiza por vía ferroviaria desde el puerto de Douala a Ngaoundere al noreste de Camerún y por vía terrestre a partir de camiones a partir de la ciudad anterior. También existe un corredor secundario que comienza en Lagos y llega hasta Djamena.

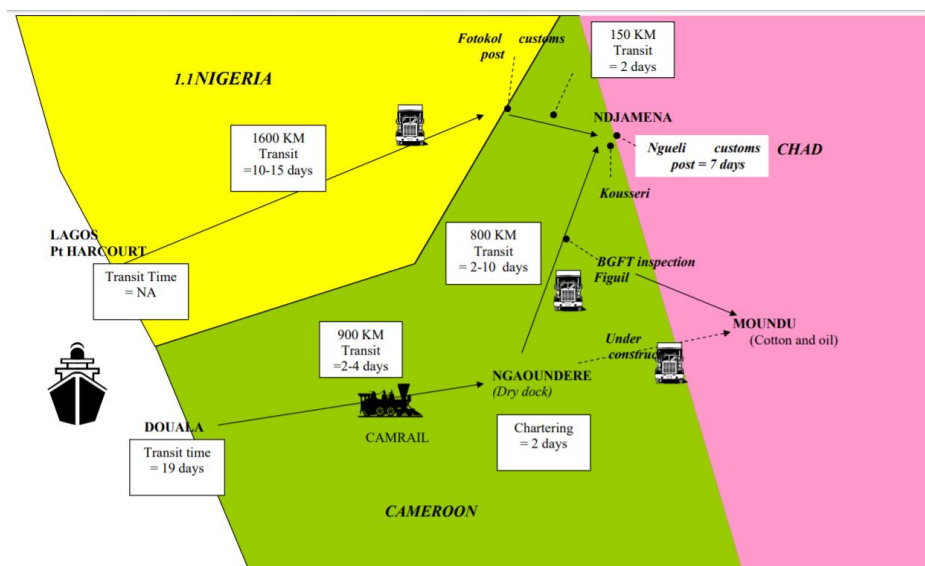


Figura 46: Cadena logística de Chad.

Frecuentemente se producen costes y retrasos de la mercancía, incluso si se compara con otros países centroafricanos. La República Centroafricana es el país que más se puede asemejar a Chad, ambos países tienen una media de 4 a 6 semanas de tránsito de Douala o Lagos a su destino y el coste medio de transportar un contenedor de 20 pies es de alrededor los 4500 euros. Por esta razón, los productos en Djamena son más caros que en las ciudades colindantes de Camerún. Un ejemplo comparable con Chad es Ruanda, la ciudad de Kigali se encuentra a la misma distancia de un puerto que Djamena. Sin embargo, los retrasos y los costes de las mercancías llegan a ser un 30 % más baratas. [23]

La duración del transporte del puerto de Douala o de Lagos a Djamena en operaciones normales es de aproximadamente una semana. Este camino se suele hacer bien parte en ferrocarril y parte por carretera o solo por carretera. En cambio, el transporte está lejos de cumplir esos plazos, este retraso se debe a problemas de infraestructura, ineficiencias

tanto del sector privado como el público. La prueba de esta ineficiencia reside en que el ejército francés es capaz de realizar este transporte de contenedores en tan solo 6 días.

El camino principal a Djamena por Camerún se encuentra en estado aceptable, existe una carretera pavimentada entre Ngaoundere y Djamena la cual tiene mantenimiento. En cambio, el corredor que une el puerto de Lagos con Djamena se encuentra en malas condiciones debido a la falta de mantenimiento.

La red de carreteras en Chad también muestra muchos problemas. Existe un gran diferencia entre aquellas rutas que se dirigen desde otros países a Djamena con rutas desde la capital a otras ciudades de Chad. Por ejemplo, la ciudad de Moundou localizada al sur del país no es accesible a través de carreteras pavimentadas. Además, los costes de transporte dentro del país son bastantes altos. Se calcula que puede costar un mínimo 60 CFA/tonelada el kilómetro a 180 CFA a lugares remotos. En términos más absolutos, el transporte por carretera suele ser el doble que el precio de transporte en países desarrollados mientras que el coste de enviar una mercancía a un área remoto puede llegar a ser hasta diez veces más caro.

4.2. Tipos de transporte.

En este apartado se describirán las ventajas y desventajas que tienen los diferentes tipos de transporte: por carretera, por ferrocarril, marítimo y aéreo.

El transporte por carretera consiste en el transporte de mercancía por medio camiones que llevan los contenedores. Esta solución suele ser la más barata y permite llevar el pedido hasta la puerta de destino. Además, al ser el medio de transporte más comúnmente utilizado habrá variedad de oferta lo que significa mayor capacidad de negociación de precios y horarios. Este transporte será flexible y permite la monitorización del paquete.

A diferencia del anterior, una de las ventajas principales del transporte por ferrocarril es que se eliminan los problemas de tráfico. Sin embargo, para que este servicio esté disponible hace falta que el país tenga una infraestructura en buen estado y con mantenimiento periódicos. Este medio de transporte tiene la capacidad de desplazar grandes cantidades de mercancías a grandes distancias. Por otro lado, el ferrocarril contamina menos por tonelada de mercancía transportada.

En tercer lugar, se encuentra el transporte marítimo, su principal desventaja consiste en su menor rapidez de entrega en comparación con los otros tipos de transporte previamente descritos. En cambio, este transporte presenta menos restricciones de mercancía con respecto a su peso y a su dimensiones. Otra de las ventajas es que existe la posibilidad de enviar productos líquidos o gaseosos a un precio asequible.

En último lugar, encontramos el transporte aéreo, la velocidad de entrega es la más rápida, tiene un alcance geográfico mayor que el resto de los transportes, es muy seguro para el envío de mercancía preciosa y los trámites generalmente son más sencillos. Sin embargo, la principal desventaja de este tipo de transporte es su precio.

4.3. Fases del proceso de envío

Para entender el proceso de logística, es necesario saber cuáles son las fases de envío que caracterizan a todos los intercambios internacionales de mercancía. En el caso de que el proceso se realice vía multimodal, es decir, por vía marítima y terrestre, el proceso se podría resumir atendiendo a la siguiente figura:

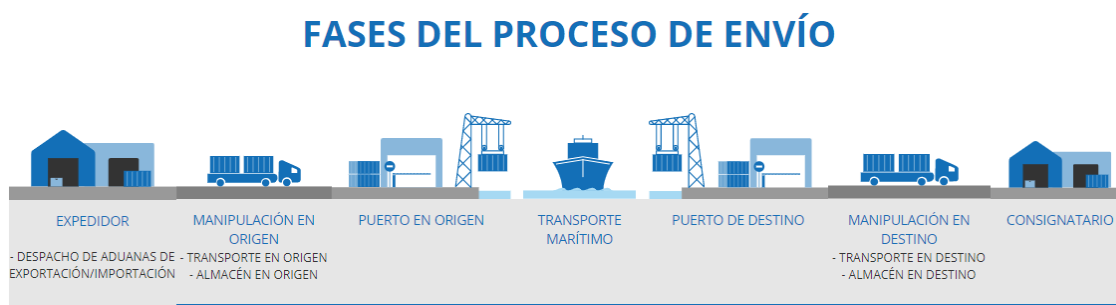


Figura 47: Fases del proceso de envío de producto a otros países. [24]

Sin embargo, esta no es la única posibilidad puesto que los envíos se pueden llevar a cabo a través del ferrocarril y de aviones de carga. Aunque a simple vista el transporte aéreo se antoja como el más caro de todas las posibilidades, esta tendencia no se cumple siempre, como se explicará más adelante. En el caso de Chad, existen dos rutas aéreas a destacar. Por un lado, vuelos directos a Francia y por otro vuelos a Sudán y a países de la región del Golfo.

En ciertas ocasiones, en el transporte aéreo existe una gran diferencia entre importaciones y exportaciones. Con respecto a Chad, esto se produce porque Francia importa objetos del ejército y petróleo de este país a menudo. Por tanto, hay un potencial para exportar productos a un precio inferior al que sería si estuviéramos exportando desde Chad. Se calcula que el coste de envío es de 3 euros el kilogramo para aviones que vuelan de Francia a Chad.

4.4. Incoterms

Los Incoterms o (International commercial terms), en español, términos internacionales de comercio, son aquellos que sirven para poder determinar los costes y las responsabilidades que cada uno de los contrayentes de un contrato comercial de transporte. [25]

Estos términos tienen su origen en 1936 cuando la Cámara de Comercio Internacional decidió crear este mecanismo para poder acelerar y mejorar la eficiencia de las transacciones comerciales. Es importante recalcar que en el año 2020 se ha realizado un cambio en la definición de algunos Incoterms. La actualización previa a la de este año se llevó a cabo en el año 2011.

La importancia de estos contratos reside en la selección de criterios para distribuir tanto los costes como los riesgos entre comprador. En función del momento y del lugar en el que se transfieran estos riesgos la transacción comercial atenderá a un incoterm o a otro, lo que también hará que el precio varíe.

En definitiva, las características principales del contrato de una compraventa internacional son:

- **Adjudicación de la mercancía:** Es la obligación del vendedor hacia el comprador. Se pueden encontrar dos tipos.
 - **Adjudicación de la mercancía directa:** La mercancía pasa a posesión del comprador directamente.
 - **Adjudicación de mercancía indirecta:** La mercancía se entrega a través de un transitario.
- **Traspaso de los riesgos:** Estará definido por el incoterm en un momento temporal y espacio previamente acordados en el contrato.
- **Reparto de gastos:** Esta distribución estará directamente ligada al incoterm elegido en el contrato.
- **Gestiones aduaneras:** En las exportaciones, el vendedor suele encargarse de esta labor a excepción del incoterm EXW.

A la hora de pedir un presupuesto, se tendrá que dejar claro que Incoterm se requiere. Para saber que Incoterm se adapta mejor a las necesidades del envío, a continuación, se muestra una figura en la que se recogen los costes y riesgos atribuidos a cada parte en función del incoterm.



Figura 48: Lista de Incoterms con sus costes y riesgos correspondientes. [26]

4.5. Transitarios.

Un transitario, en inglés “freight forwarder”, también conocido como agente de carga u operador logístico es una entidad que presta servicios de transporte de mercancías en un ámbito tanto nacional como internacional. [27]

- Las tareas principales que lleva a cabo un transitario son:
- Asesoramiento sobre las alternativas más rápidas y económicas.
- Reserva del espacio para la mercancía y del equipamiento requerido en el transporte.
- Gestión de la documentación y de la tramitación requerida en la aduana.
- Organización de la recogida y entrega del transporte terrestre.
- Facilitar la monitorización del envío.

En la actualidad, se pueden encontrar muchos transitarios en Europa. Sin embargo, son muy pocos los que llegan hasta países sin litoral del centro de África. Por tanto, la opción que cobra más importancia es la búsqueda de un transitario local. Por ejemplo, en Chad existen pocos transitarios. A esto se le añade que, dentro de este reducido grupo, son pocas las empresas en las que se puede confiar ya que el mercado está compuesto por empresas que tienen pocos años de existencia. Los transitarios ordenador por mayor cuota de mercado en Chad son:

1. Bolloré.
2. STAT (Société tchadienne d'affrètement et de transport) perteneciente al conglomerado empresarial de Bolloré.
3. Geodis.

También se pueden encontrar filiales de grandes empresas transportistas como DHL y Maersk que operan en Djamena.

En el caso de que se quiere realizar un contrato con un transitario, se deberá de tener en cuenta que la estructura de costes del transporte son los siguientes:

- Carga de transporte inicial (Camión)
- Transporte hasta el puerto de exportación.
- Descarga del camión en el puerto de exportación.
- Cargos por embarque en el puerto de exportación.
- Transporte al puerto de importación.
- Carga por desembarque en el puerto de importación.
- Carga de camiones en el puerto de importación.
- Transporte al destino final.
- Seguros para protección de mercancía.
- Trámites y pasos de aduanas (tanto en el país de origen como en el país de destino).
- Pago de tasas de exportación.
- Impuestos de importación.

4.6. Contenedores.

La forma más común de realizar importaciones o exportaciones es a través de los llamados contenedores de carga general conocidos en inglés como “*dry containers*”. Estos depósitos se utilizan para mercancía paletizada o embalada. En función de la capacidad de almacenaje, la disponibilidad y las medidas encontramos diferentes tipos de contenedores.

En primer lugar, se deberá decidir si se requiere un container en su totalidad en inglés “*Full Container Load*” (FCL) o en su defecto, se desea compartir el container, en inglés. “*Less Container Load*” (LCL).

Por otra parte, encontramos diferentes tamaños de contenedores, entre los más tamaños más comunes encontramos los siguientes:

Tabla 50: Tabla de las medidas más importantes de los contenedores estándar.

Tipo	Capacidad[kg]	Capacidad[m ³]	Longitud[m]	Altura[m]	Ancho[m]
20'	22000	33	5,898	2,352	2,393
40'	27000	67	12,032	2,352	2,393
40' HC	27000	76	12,032	2,352	2,698

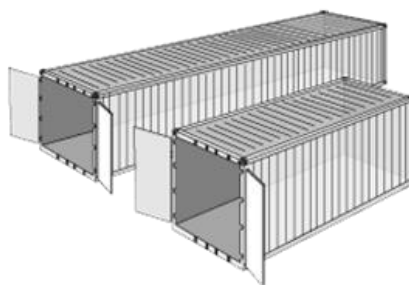


Figura 49: Contenedores de 20 y 40 pies.

4.7. Grupos de interés

El primer grupo de interés se compone por los cuerpos públicos. España mantiene relaciones diplomáticas con Chad desde 1975, pero no dispone de Embajada en este país. Hasta 1983, la representación recayó en la Embajada de España en Trípoli (Libia) y desde ese mismo año corresponde a Yaundé (Camerún). Por otro lado, podemos encontrar el consulado de Chad en Barcelona.

En segundo lugar, es necesario encontrar un transitario, preferiblemente europeo que pueda realizar el transporte de España a Camerún. Algunos nombres de empresas que pueden realizar este servicio son: Leoprex, Norgistics, AM Cargo, Searates OrionShip Mycontainer, iContaineer, Maitsa, DSV

Estos operadores logísticos dan soluciones por mar, carretera o aire, en algunos casos todos. Para el trayecto del puerto de Douala, Camerún a el colegio San Francisco Javier, Chad, será necesario la contratación de los servicios de un operador logístico local.

Algunos de los nombres de estas compañías han sido previamente compartidos en el apartado de transitarios.

Finalmente, existen una serie de ONGs y empresas que han realizado proyectos previamente en Chad. A continuación, se muestra una lista con dichas entidades:

- Fundación Grosso: Entidad dedicada a la promoción del deporte, con actividad en el colegio San Francisco Javier.
- Trama Tecnoambiental: Compañía que ha desarrolla microrredes en Chad.
- Immodo Renta Sol.
- ONG Solidaridad, Educación y Desarrollo.

Las dos últimas han realizado en colaboración un proyecto fotovoltaico en un colegio de Chad al sur de nuestra localización. Previsiblemente, la logística de ese proyecto haya sido más compleja debido a la falta de infraestructura al sur de Chad.

4.8. Logística del proyecto

Para este proyecto se ha escogido un contenedor de 20 pies y FCL debido a la naturaleza de la mercancía transportada y que el precio no justificaba el compartir un contenedor. Además, se debería considerar la compra del contenedor puede ser de utilidad en el colegio y en el peor de los casos se ha investigado que existe una alta demanda de este tipo de contenedores, por lo que no sería complicado poder venderlo consiguiendo cobrar la diferencia entre haberlo comprado o haberlo alquilado. A pesar de esto, inicialmente la compra del contenedor no se ha considerado en la elaboración de los presupuestos.

La ruta elegida para el transporte de la mercancía comienza en Algeciras donde se cargará el contenedor en un barco con destino el puerto de Douala en Camerún. Este trayecto suele tener una duración de unos 30 días y un coste que ronda entre los 1300-1500 euros en función del momento del año. Esta ruta será contratada con un transitario europeo bajo el incoterm CFR "*Cost and Freight*".

Una vez llegue el contenedor al puerto de Douala, la responsabilidad del transitario europeo termina. Además, se deberá pagar la tarifa portuaria que asciende a unos 900 euros. La recomendación por parte de las empresas contactadas para pedir presupuestos fue que la mejor alternativa sería contratar a otro transitario local el destino desde el puerto en Camerún hasta el colegio San Francisco Javier bajo el incoterm DDP "*Delivered Duty Paid*", es decir, derechos de entrega pagados y lugar de destino convenido. Se ha contactado con las empresas locales previamente definidas en la memoria y se ha decidido que la más indicada para realizar un contrato de logística es la empresa Bolloré.

Esta empresa recogerá el contenedor en el puerto de Douala y lo llevará hasta la estación dónde cargará el contenedor en el tren CAMRAIL que llegará a su ciudad de destino, Ngaoundere al sur de Camerún, en un tiempo estimado de 2 a 4 días y un recorrido de 900 km. Este trayecto para un contenedor de 20 pies y un peso inferior a 10 toneladas tiene un coste de aproximadamente 400 euros. Una vez llegado a esta ciudad, el contenedor será transportado por un camión hasta Djamena la capital de Chad, este

recorrido es de unos 800 km y se estima que pueda durar entre 2 y 10 días hasta Ngueli donde se encuentra la aduana con Chad. Se estima que el despacho de mercancías tiene una duración media de una semana.

Una vez pasada la frontera el camión llegará en un día y de la capital, este proceso trayecto comprendido desde la ciudad Ngaoundere en Camerún hasta la capital de Chad deberá de tener un coste de aproximadamente 750 euros. Una vez en la capital. El camión realizará la última etapa del trayecto hasta al colegio que se encuentra a 16 km al sur de Djamena y que está conectado por una carretera transitable para este tipo de transportes. Este último segmento se estima que puede costar 300 euros en función del peso de la mercancía, la distancia y las condiciones de las carreteras hasta el destino final.

Finalmente, se deberá de realizar una provisión en el presupuesto de la logística para pagar otros costes, estos costes estarán directamente relacionados con que no haya ningún problema en el trayecto de la mercancía a través de estos países conflictivos. Se estima que estas provisiones tienen que ser de una cantidad que ronde los 1000 euros.

4.9. Principales retos

En la actualidad los costes y la tramitaciones administrativas reducen y ralentizan las actividades comerciales en Chad. Además, según un informe llevado a cabo por la revista *“doing Business”* en 2019 el cual medía la facilidad de hacer negocios con los países, se podría extraer que Camerún se encontraba en la posición 186 de 190 países. Por esta razón el transporte de mercancías se ve fuertemente afectado en países del interior de África como puede ser Chad.

Camerún es miembro de la Comunidad Económica y Monetaria del África Central (CEMAC) junto a otros países como República del Congo, República Centroafricana, Guinea Ecuatorial, Chad y Gabón. En teoría, la legislación económica y comercial de estos países encuentra armonizada por esta comunidad. Se presume de un arancel aduanero común para las importaciones procedentes otros países no pertenecientes a la CEMAC. De esta manera, se permite desde el país el libre tránsito de mercancías a los otros países miembros. Sin embargo, esta no es la realidad ya que hay muchos controles no autorizadas que requieren de provisiones si el transporte se quiere llevar con éxito ya que se producen un alto número de fraudes tanto en operaciones de importación como de exportación.

Por otro lado, a lo largo del proyecto se ha contactado con diferentes personas que han vivido o trabajado en África habiendo tenido contacto directo con la logística de diferentes proyectos en estos países. A lo largo del desarrollo del apartado de logística de esta memoria se ha tenido la oportunidad de mantener reuniones con tres personas por orden cronológico:

4.10. Reuniones

Álvaro Guzmán Zotes (24/06/2020)

Álvaro, es un antiguo estudiante de ICAI que vive en Kenia y trabaja en una empresa alemana de instalación de dispositivos fotovoltaicos en África. Las principales conclusiones que se obtuvieron a raíz de las dos conversaciones mantenidas fueron:

- Todos los elementos de la instalación pueden ser enviados a un almacén alquilado y localizado cerca de un puerto de China para que una vez estén todos los dispositivos en el almacén, estos se transporten al puerto chino y de ahí sean llevados a Douala, Camerún
- Se puede estudiar el coste asociado de la compra de kits de instalación fotovoltaica en la que una empresa te suministra todos los dispositivos necesarios.
- Se debería de contratar un contenedor FCL y plantearse la opción de comprarlo ya que son baratos y pueden ser de gran utilidad en Chad.
- Cuando se contacte con el transportista hay que enviarle los “*HS codes*”, estos códigos identifican los tipos de mercancías para que esta pueda ser identificada con facilidad.

José Ricardo Rico (30/06/2020)

José Ricardo es el director de la Asociación Madrileña de Ayuda a la Infancia (AMAIF) y miembro de médicos sin fronteras. Algunos de los datos más relevantes que se obtuvieron de esta reunión fueron:

- Es importante realizar un estudio del terreno para llevar a cabo el proyecto.
- El colegio presenta facilidad de acceso al agua debido a que abunda a poca profundidad. Sin embargo, sería necesario realizar un estudio fisicoquímico de la calidad del agua.
- En su experiencia, hace 10 años, llevar un contenedor a Burkina Faso le costó alrededor de los 10,000 euros y una duración de tres meses.
- José Ricardo aconseja buscar empresas que hagan instalaciones eléctricas en Chad para cerrar un presupuesto fijo y no tener que estar expuesto a las variaciones de precio de la logística.
- La situación de Chad es muy diferente con respecto a otros países africanos en los que él ha vivido como es el caso de Burkina Faso.

Xavier Vallvé (02/07/2020)

Xavier es el director de la empresa TecnoAmbiental, como ya se ha explicado en la memoria esta empresa ha realizado proyectos de microrredes en diferentes poblados de Chad. Las siguientes conclusiones fueron extraídas de las conversaciones mantenidas:

- Es importante estudiar la orografía. Este comentario coincide con José Ricardo.
- Chad destaca por su debilidad institucional, por esta razón se decidió contratar en Camerún a un convoy de mercenarios para proteger la mercancía que viajaba en camión.
- Es importante prestar atención al plan de mantenimiento.
- Se puede organizar un negocio de recarga de dispositivos para poder pagar el mantenimiento de la instalación. Xavier puso un ejemplo sobre un servicio de carga de móviles que habían realizado y que les estaba funcionando bien.
- Es mejor comprar el contenedor ya que en caso de no hacerlo hay un periodo de devolución de 15 días antes de ser penalizado. Para evitar esta situación es mejor comprar el contenedor y si no tiene ninguna aplicación en el colegio se podrá vender con facilidad puesto que hay demanda de estos contenedores.
- Chad como país no tiene nada que ver con países como Ghana en los que puedes encontrar mano de obra cualificada. En los proyectos que se llevaron a cabo se contrató lo que se pensaba que era mano de obra con alguna cualificación y el resultado no fue el esperado, ya que los trabajadores de la empresa contratada eran civiles que habían sido contratados unas horas antes en el mercado de Djamena.
- Si se compran dispositivos para la instalación eléctrica en África, es muy importante corroborar bien las homologaciones puesto que hay copias chinas muy parecidas.
- Una posibilidad sería contactar con la empresa Victron ya que se encuentra en plena expansión de sus distribuidores en África.
- Hay que llevar a Chad personal cualificado para que se lleve la instalación. Este es un requisito esencial. Además, se debería contratar mano de obra para realizar algunas tareas. Una de las cosas que ha funcionado bien en otros proyectos es hacer partícipe a la comunidad que saldrá beneficiada del proyecto. La comunidad será la encargada de designar a 3 o más personas aventajadas para que sean contratadas para que puedan aprender el funcionamiento de la instalación para su posterior mantenimiento y ayuden a su construcción.
- Para el proceso de transporte es muy importante estar presente en los intercambios de transporte que experimenta el contenedor ya que si no se realiza esta acción malas prácticas por parte de los transportistas podrían dañar la mercancía. Se mencionó una anécdota de un contenedor que fue descargado atando el contenedor a un árbol y acelerando el camión. Como es lógico, la mercancía sufrió daños.
- Es esencial que haya un contacto en Chad. Si no se debería empezar a ejecutar el proyecto.

5. Presupuesto

5.1. Sumas parciales

5.1.1. Luminarias

Tabla 51: Sumas parciales de las luminarias.

Luminarias					
Concepto	Marca	Modelo	Unidades	Precio unitario [€]	Coste [€]
Luminarias Aulas (x25)	Glamox	PA051028008	150	61,91	9286,5
Luminarias Enfermería	Glamox	PA051028009	8	61,91	495,28
Luminarias Biblioteca	Glamox	PA051028010	12	61,91	742,92
Luminarias Despachos (x3)	Glamox	PA051028011	6	61,91	371,46
Luminarias Oficinas (x6)	Glamox	PA051028012	12	61,91	742,92
Luminarias Baño 1	Glamox	PA051028013	4	61,91	247,64
Luminarias Baño 2	Glamox	PA051028014	2	61,91	123,82
Focos exteriores	Lumileds	MVP507 HPI-T1000W K WB	8	399	3192
Total					15202,54

5.1.2. Cableado y tubos

Tabla 52: Sumas parciales del cableado y tubos.

Cableado y tubos			
Concepto	Longitud[m]	Precio unitario [€/m]	Coste [€]
Cableado 3x2,5 mm2	3139	0,84	2636,76
Cableado 3x6 mm2	2630	2,03	5338,9
Cableado 3x10 mm2	21	3,81	80,01
Cableado 3x16 mm2	32	5,72	183,04
Cableado 3x25 mm2	1229	7,68	9438,72
Cableado 3x70 mm2	6	20,76	124,56
Tubo diámetro 110	158	1,55	244,9
Tubo diámetro 90	1124	1,19	1337,56
Tubo diámetro 32	6	0,28	1,68
Tubo diámetro 25	1523	0,18	274,14
Tubo diámetro 20	441	0,14	61,74
Tubo diámetro 16	3086	0,13	401,18
Tubo diámetro 12	608	0,11	66,88
Total			20190,07

5.1.3. Dispositivos principales

Tabla 53:: Sumas parciales de los dispositivos principales.

Dispositivos principales					
Concepto	Marca	Modelo	Unidades	Precio unitario [€]	Coste [€]
Paneles fotovoltaicos	Canadian Solar	HiKu 405W	20	182	3640
Regulador de tensión	Victron	150/85 VE.Can	2	719,99	1439,98
Inversor	Victron	Quattro 48/10000/140-100/100	1	3835,39	3835,39
Baterías	Ultracell	UZS600	2	3226,82	6453,64
Total					15369,01

5.1.4. Protecciones

Tabla 54: Sumas parciales de las protecciones.

Protecciones					
Concepto	Marca	Modelo	Unidades	Precio unitario [€]	Coste [€]
Magnetotérmico Cal. 80 A	Aoelec	AUB22P80	2	15,73	31,46
Magnetotérmico Cal. 63 A	Voxi	DZ47632PC63	5	2,9	14,5
Magnetotérmico Cal. 40 A	Voxi	DZ47632PC40	6	2,78	16,68
Magnetotérmico Cal. 16 A	Voxi	DZ47632PC16	6	2,66	15,96
Magnetotérmico Cal. 10 A	Voxi	DZ47632PC10	35	2,66	93,1
Interruptor diferencial 63 A	MAXGE	EPR2C040063	5	15,95	79,75
Interruptor diferencial 40 A	MAXGE	EPR2C040040	4	4,45	17,8
Interruptor diferencial 25 A	MAXGE	EPR2C040025	9	4,15	37,35
Total					306,6

5.1.5. Logística

Tabla 55: Sumas parciales de la logística.

Logística	
Concepto	Coste [€]
Algeciras(España)-Doula(Camerún)	1377
Tarifa Portuaria Douala	893,94
Coste CAMRAIL to Ngaoundere	411,05
Ngaoundere(Camerún)-Djamena(Chad)	730,75
Djamena-Colegio San Francisco Javier	27,58
Otros costes	928,66
Total	4368,98

5.1.6. Mano de obra

Tabla 56: Sumas parciales de la mano de obra.

Mano de obra			
Concepto	Días	Tarifa [€/día]	Coste [€]
Mano de obra directa	105	5	525
Total			525

5.1.7. Otros

Tabla 57: Sumas parciales de otros.

Otros					
Concepto	Marca	Modelo	Unidades	Precio unitario [€]	Coste [€]
Caja para automáticos	SOLERA	ME2136245	1	35,91	35,91
Caja automaticos pequeña	Solera	ME4948548	35	3,34	116,9
Conmutadores	Siemens	Delta Viva Marco	45	0,54	24,3
Enchufes	Schuko	4458 / ENCH-SCHK	55	1,55	85,25
Total					262,36

5.2. Presupuesto general

Tabla 58: Presupuesto general del proyecto.

Presupuesto General	
Concepto	Coste [€]
Luminarias	15202,54
Cableado y tuberías	20190,07
Dispositivos principales	15369,01
Protecciones	306,6
Logística	4368,98
Mano de obra	525
Otros	262,36
Total	56224,56

6. Conclusiones

Es importante remarcar que muchas de las hipótesis y decisiones de diseño de este proyecto han sido elegidas en función de la información disponible de un país en las circunstancias de Chad, como uno de los países más pobres y conflictivos del mundo.

Una vez concluido el diseño del proyecto se ha podido entrever que el alcance del proyecto en un principio era muy ambicioso. Además, la crisis actual del COVID-2019 ha supuesto una interrupción en la ejecución del proyecto y en la correspondiente búsqueda de financiación. A pesar de que la cantidad presupuestada pueda parecer una cantidad desmesurada en comparación con otros proyectos que se han llevado a cabo, esta, tiene un sentido propio, puesto que la electrificación de un colegio tiene un coste capital superior al de realizar otros proyectos como la construcción de un pozo o la realización de una campaña de concienciación.

Para la financiación de este proyecto se contará con la organización de una campaña de crowdfunding y la organización de eventos que previsiblemente como se ha analizado y explicado en la memoria del proyecto podrán recaudar un orden del 15 %, porcentaje que desplaza estas vías de financiación tradicionales a un plano complementario. Por esta razón será necesario encontrar una entidad que aporte el resto de los fondos necesarios.

En este marco surge el posible acuerdo con Manos Unidas, entidad fundada por la Iglesia y que comparte la visión de la Fundación de Ingenieros. Desde esta perspectiva de afinidad, la naturaleza de este proyecto tiene sentido para ambas organizaciones y por esta razón Manos Unidas se presenta como el aliado que puede financiar este proyecto y hacerlo realidad. En contra de esta financiación se puede encontrar el desgaste de fondos por parte de la ONG ante esta emergencia mundial y, por otro lado, el requerimiento de un presupuesto alto. Sin embargo, este proyecto puede llevarse a cabo más adelante, lo que daría más liquidez y también, si se considera oportuno por el equipo técnico de Manos Unidas, el proyecto podría ser modificado para cubrir exclusivamente las necesidades esenciales reduciendo así considerablemente el presupuesto.

Una de las medidas Manos Unidas puede llevar a cabo para reducir los coste del proyecto consiste en apoyar la negociación con la Fundación Grosso, apoyada por la Fundación Real Madrid, entidad que podría participar en la financiación de los focos del campo de fútbol sala del colegio. Otro de los factores claves para abaratar el coste del proyecto es la recolección de más información acerca del colegio. En este proyecto no se ha podido llegar a realizar el diseño en detalle ya que no se tienen planos de los edificios. Este tipo de información podría hacer que las compras de materiales como cables o tubos se redujera considerablemente afectando así directamente al presupuesto final. También hoy, no se tiene el material fotográfico y de vídeo adecuado para poder llevar a cabo una campaña de crowdfunding que sea efectiva.

Por otro lado, una de las variables más importantes a establecer para la ejecución del proyecto es como se va a realizar la logística, esta decisión será crucial en el proyecto puesto que afectará la mayoría de los conceptos del presupuesto. Por ejemplo, no es lo

mismo comprar los dispositivos de la instalación en China que en Europa, el coste del transporte también difiere. Otra alternativa es comprar los dispositivos desde el continente africano directamente. Esta decisión variará la trayectoria del proyecto. A pesar de esto, en este documento quedará el dimensionamiento de muchos parámetros que serán adaptables a cualquiera de las vías de logística elegida.

Finalmente, después de la realización del proyecto y las reuniones mantenidas con diferentes personas con experiencia en este tipo de proyectos, se concluye que sólo tendrá sentido el comienzo de ejecución del proyecto en el caso que se tenga una figura de confianza en Chad. La ausencia de esta persona o personas, acorde con la experiencia de otros proyectos, incapacitaría la correcta realización del proyecto.

7. Bibliografía

- [1] Wikipedia, «Chad,» 10 10 2019. [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Chad>. [Último acceso: 16 10 2019].
- [2] M. d. e. d. España, «Recomendación de viaje,» 2 9 2019. [En línea]. Available: <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/ServiciosAlCiudadano/SiViajasAlExtranjero/Paginas/DetalleRecomendacion.aspx?IdP=37>. [Último acceso: 2019 10 20].
- [3] C. I. Agency, «Africa Chad,» 22 10 2019. [En línea]. Available: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cd.html>. [Último acceso: 21 10 2019].
- [4] R. Madrid, «La colaboración con la Fundación Ramón Grosso ha acercado el deporte a los niños más vulnerables de Toukra,» 31 10 2018. [En línea]. Available: <https://www.realmadrid.com/noticias/2018/10/gran-acogida-de-las-actividades-de-la-fundacion-real-madrid-en-el-chad>. [Último acceso: 25 10 2019].
- [5] A. M. d. A. a. l. Infancia, «AMAIF,» 9 5 2019. [En línea]. Available: <http://www.amaif.org/es/>. [Último acceso: 2019 10 26].
- [6] O. B. Javier García Fernandez, «Recursos citcea upc,» [En línea]. Available: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>. [Último acceso: 6 11 2019].
- [7] P. Concha, «patricioconcha,» [En línea]. Available: [http://patricioconcha.ubb.cl/educ/public_www/capitulo7/definiciones_generales_de_iluminacion.html#:~:text=Es%20la%20raz%C3%B3n%20entre%20la,\(cd%2Fm%202%20\).&text=Es%20la%20luminancia%20promedio%2C%20expresada,a%20la%20posici%C3%B3n%20del%20observador..](http://patricioconcha.ubb.cl/educ/public_www/capitulo7/definiciones_generales_de_iluminacion.html#:~:text=Es%20la%20raz%C3%B3n%20entre%20la,(cd%2Fm%202%20).&text=Es%20la%20luminancia%20promedio%2C%20expresada,a%20la%20posici%C3%B3n%20del%20observador..) [Último acceso: 11 11 2019].
- [8] H. R. Galbarro, «Ingemecánica,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn281.html>. [Último acceso: 15 11 2019].
- [9] GmbH, «Dial deutschland,» [En línea]. Available: <https://www.dial.de/en/dialux/>. [Último acceso: 25 11 2019].

- [10] C. Valdez, «Factor de utilización ku - simultaneidad ks,» [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/183720142/Factor-de-utilizacion-ku-simultaneidad-ks>. [Último acceso: 2 12 2019].
- [11] J. A. L. d. Guevara, «DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA,» Madrid.
- [12] J. Alarcón, «Horas solares pico.png,» 17 1 2008. [En línea]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Horas_solares_pico.png. [Último acceso: 5 12 2019].
- [13] B. Bueno, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, 2017.
- [14] Education, «Slideshare,» 19 8 2017. [En línea]. Available: https://www.slideshare.net/Profe_Tolocka/dispositivos-maniobra-y-proteccion. [Último acceso: 2 2 2020].
- [15] Área tecnología, «Área tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/magnetotermico.html>. [Último acceso: 7 2 2020].
- [16] UCO, «TEMA 4: PROTECCION DE LAS INSTALACIONES DE BAJA TENSIÓN».
- [17] Área tecnología, «Área tecnología,» [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/puesta-a-tierra.html>. [Último acceso: 3 3 2020].
- [18] Wikipedia, «Análisis FODA,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis_FODA. [Último acceso: 15 3 2020].
- [19] C. d. l. j. d. España, «Guía de financiación española 2016,» Madrid, 2016.
- [20] B. Gutiérrez, «Fuentes de financiación de una entidad no lucrativa (ENL),» 2001. [En línea]. Available: <http://www.5campus.org/leccion/nolucra2>. [Último acceso: 4 4 2020].
- [21] V. Acconcia, «Descubre los 5 tipos de crowdfunding,» 13 8 2014. [En línea]. Available: <https://vanacco.com/articulo/descubre-los-5-tipos-de-crowdfunding/>. [Último acceso: 25 4 2020].
- [22] ProjectZimbabwe, «Stockcrowd,» 11 06 2018. [En línea]. Available: <https://www.stockcrowd.com/boxweb/detalle/tk1775110>. [Último acceso: 6 6 2020].
- [23] W. Bank, «CHAD TRADE AND TRANSPORT FACILITATION AUDIT,» 2004.

- [24] iContainers, «¿Qué es un transitario?,» [En línea]. Available: <https://www.icontainers.com/es/ayuda/que-es-un-transitario/>. [Último acceso: 22 6 2020].
- [25] Kanvel, «¿Qué son los incoterms? Clasificación y tipos,» [En línea]. Available: <https://kanvel.com/incoterms/>. [Último acceso: 20 6 2020].
- [26] Tiba, «Incoterms 2020,» [En línea]. Available: <https://www.tibagroup.com/blog/incoterms-2020?lang=es>. [Último acceso: 22 6 2020].
- [27] Wikipedia, «Transitario,» [En línea]. Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Transitario#:~:text=Un%20transitario%2C%20tambi%C3%A9n%20conocido%20como,y%20las%20compa%C3%B1as%20de%20transporte..> [Último acceso: 15 6 2020].
- [28] World Food Programme, «Proyecto de plan estratégico para el Chad (2019-2022),» de *Asuntos operacionales – Planes estratégicos para los*, Roma, 2019.
- [29] Naciones Unidas, «Objetivos de desarrollo sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: 1 7 2020].
- [30] tearfund, «Pioneering Power Transforming lives through off-grid renewable electricity in Africa and Asia,» Cathy Keable-Elliot, Teddington, United Kingdom, 2018.
- [31] eda, «El Chad,» 2019 10 8. [En línea]. Available: <https://www.eda.admin.ch/deza/es/home/paises/chad.html>. [Último acceso: 2019 10 18].

8. Anexos

Anexo I: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Chad es un país que posee fuentes de energía renovable, especialmente sol, recursos naturales como petróleo, uranio, natrón y colinita entre otros. Su demografía es joven y se encuentra en pleno crecimiento. Estas son algunas de las razones por la que Chad es un candidato para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) establecidos para el año 2030. Sin embargo, en oposición a estos objetivos se encuentra la falta de infraestructura del país, la falta de alimentos y la malnutrición, la desigualdad de género, la exposición ante catástrofes climatológicas, los desplazamientos humanitarios a causa de conflictos bélicos y la inseguridad política que se encuentra patente en los países colindantes.

En la actualidad Chad se encuentra en el puesto 186 de 188 países en el índice de desarrollo humano. En el año 2003, la producción de petróleo mejoró esta condición. Este efecto no duraría mucho tiempo debido a la crisis de precios del petróleo de 2014. Tras esta crisis, en tan solo 2 años, el PIB del país cayó un 30%. [28]

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible suponen una ruta de crecimiento de países como Chad. Por eso, cada vez son más los proyectos que se enfocan de este punto de vista puesto que atajar estos objetivos es la vía más efectiva para que este tipo de países con un índice de desarrollo humano tan bajo puedan evolucionar y operar de manera independiente. Por esta razón, se ha creído conveniente explicar en este anexo la conexión que tiene este proyecto con los ODS y qué puede aportar a esta nación.

El proyecto que se quiere llevar a cabo busca electrificar el colegio jesuita de San Francisco Javier, es importante destacar que, en Chad, la empresa paraestatal solo es capaz de suministrar un 1,5 % de la demanda nacional, llegando a suministrar un 15 % de la energía demandada en Yamena, su capital. Por lo tanto, se puede observar que es un objetivo ambicioso y que puede afectar directamente a varios ODS. A simple vista, es fácil relacionar este proyecto con varios ODS entre ellos destacan: [29]

- ODS 1: Fin de la pobreza.
- ODS 3: Salud y bienestar.
- ODS 4: Educación de calidad.
- ODS 7: Energía asequible y no contaminante.
- ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico.
- ODS 10: Reducción de las desigualdades.
- ODS 13: Acción por el clima.

A pesar de que existen muchas relaciones, es inevitable darse cuenta de que este proyecto tiene más afinidad con algunos objetivos. Por esta razón, se ha querido elegir uno de estos objetivos para ser analizado en más profundidad y para ello se ha determinado que el

ODS al que más contribuye este proyecto es el ODS 4, correspondiente con educación de calidad.



Figura 50: Símbolo del Objetivo 4 de Desarrollo Sostenible.

En África, solo uno de cada tres colegios tiene electricidad. Estas cifras, son menos alentadoras en países como Chad. La calidad de la educación recibida por los estudiantes se ve afectada ampliamente. La ausencia de electricidad hace imposible el uso de ordenadores, proyectores, radios, internet. El cambio a una educación electrificada puede suponer un cambio radical. Un ejemplo ilustrativo se puede encontrar en Tanzania, donde la tasa de escolaridad paso de ser de la mitad a casi el 100 % gracias a la electricidad. Otra ventaja que se registra es que los profesores son menos reacios a abandonar las zonas rurales. [30]

Este ODS busca garantizar una educación equitativa, inclusiva, de calidad, al mismo tiempo que se promueve el aprendizaje. Con el fin de poder lograr las metas establecidas en este ODS es necesario el acceso de todos los niños a las instalaciones educativas, culturales y deportivas. Con este proyecto no solo se intenta iluminar las aulas donde se va a impartir clase, sino que también se busca iluminar un campo de fútbol sala para incentivar a los estudiantes a que acudan al colegio en horario nocturno a la vez que realizan actividades que mejoren su salud.

La Compañía de Jesús a lo largo de la historia ha destacado por llevar la educación a todos los rincones de la tierra, una de las razones principales de esta acción es que la educación permite a las personas mejorar su condición socioeconómico y escapar de la pobreza. El colegio San Francisco Javier no es más que otro de lo muchos proyectos que se han llevado a cabo.

Este colegio llegó a albergar más de 1,000 estudiantes. A pesar de este gran alcance y más en un país como Chad, los jesuitas detectaron que aún había niños en una situación de desigualdad ya que no podían ser escolarizados puesto que sus horarios de trabajo no les permitían acudir al colegio en horario diurno. La esencia de este proyecto radica en la solución de este problema para que todos los niños puedan acceder a una educación de calidad que haga que puedan escapar de la pobreza y revertir la situación de su país.

Anexo II: Dimensionado del cableado de los CP a las DI

Cuadro Secundario del Campo de futbol

Tabla 59: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del campo de futbol y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm2)	# Conductores	Sección cable (mm2)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CSCF	Foco exterior 1	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	1	25	0,50%	116
	Foco exterior 2	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 3	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 4	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 5	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 6	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 7	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116
	Foco exterior 8	2XLPE	F+N	D1	240	1,16	5,509	2	25	0,50%	116

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04
0,83	0,83	1	1,03	0,59	48,56	170,00	20,04

resistividad(Ωmm2/m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm2)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm2)	I _{cc} (A)
0,017202697	0,001061429	0,001591207	0,16%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	1598,79
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58
0,017202697	0,000530715	0,001060493	0,11%	16	90	0,6/1	2x25 + TT	3197,58

Cuadro Secundario de los Despachos

Tabla 60: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de los despachos y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm2)	Número de conductores	Sección cable (mm2)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CSDES	rias y Toma de fuerza Des	ZXLPE	F+N	B2	415	2,00	0,953	2	6	0,50%	19
	rias y Toma de fuerza Des	ZXLPE	F+N	B2	415	2,00	0,953	2	6	0,50%	19
	rias y Toma de fuerza Des	ZXLPE	F+N	B2	415	2,00	0,953	2	6	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Despacho 1	Luminaria 1 Despacho 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Despacho 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
	ma de fuerza 1 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19
	ma de fuerza 2 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Despacho 2	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Despacho 2	Luminaria 2 Despacho 2	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
	ma de fuerza 1 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19
	ma de fuerza 2 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Despacho 3	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Despacho 3	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,038	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Despacho 3	ma de fuerza 1 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19
	ma de fuerza 2 Despacho	ZXLPE	F+N	B2	345	1,67	0,373	2	6	0,50%	19

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	1	18,24	17	20,85
0,96	1	1	1	1	18,24	17	20,85
0,96	1	1	1	1	18,24	17	20,85
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91
0,96	1	1	1	0,8	14,592	8	20,91

resistividad(Ωmm2/m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm2)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm2)	I _{cc} (A)
0,017257164	0,000383583	0,0011	0,11%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017257164	0,000383583	0,0011	0,11%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017257164	0,000383583	0,0011	0,11%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x6 + TT	319,76
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017200635	3,64172E-05	0,0007	0,07%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017261729	0,000150102	0,0009	0,09%	6,0	16	0,6/1	2x6 + TT	767,42

Cuadro Secundario de la Enfermería

Tabla 61: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de la enfermería y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm2)	# Conductores	Sección cable (mm2)	ΔU admisible	Imax cable (A)
Inicio	Final										
CSENF	Luminaria 1 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 7 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 8 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	35	0,17	0,142	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza 1 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	345	1,67	1,398	2	6	0,50%	19
	Toma de fuerza 2 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	345	1,67	1,398	2	6	0,50%	19
	Toma de fuerza 3 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	345	1,67	1,398	2	6	0,50%	19
	Toma de fuerza 4 Enfermería	2XLPE	F+N	B2	345	1,67	1,398	2	6	0,50%	19

Factores de corrección					Imax cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	21,19
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	21,19
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	21,19
0,96	1	1	1	0,7	12,768	30	21,19

resistividad(Ωmm2/m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm2)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm2)	Icc (A)
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	0,000136566	0,001661662	0,17%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017280625	0,000563499	0,002088594	0,21%	6	20	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017280625	0,000563499	0,002088594	0,21%	6	20	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017280625	0,000563499	0,002088594	0,21%	6	20	0,6/1	2x6 + TT	767,42
0,017280625	0,000563499	0,002088594	0,21%	6	20	0,6/1	2x6 + TT	767,42

Cuadros Secundarios de los Edificios 1 y 2

Tabla 64: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs de los edificios 1 y 2, y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm2)	# Conductores	Sección cable (mm2)	ΔU admisible	Imax cable (A)
Inicio	Final										
CSED1	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 10	2XLPPE	F+N	B2	555	2,68	4,496	2	6	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 1	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 2	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 1	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 2	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 3	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 3	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 4	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 4	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 5	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 6	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 5	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 7	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 6	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 8	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 7	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 9	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 8	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 10	Luminaria 4 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 6 Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Toma de fuerza Edificio 1 Clase 9	2XLPPE	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 1 Edificio 1 Clase 10	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 1 Clase 10	2XLPPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19

Cableado	Factores de corrección					Imax cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Inicio	Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
CSED1	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
	0,96	1	1	1	1	18,24	60	21,51
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 6	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 7	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 8	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 9	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 10	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01

Trabajo de Final de Máster
Pablo Merino Gil

Cableado									
Inicio	resistividad(Ωmm2/m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm2)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm2)	Icc (A)
CSED1	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,017302239	0,001815263	0,0058	0,58%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 6	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 7	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 8	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 9	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 1 Clase 10	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,017239506	0,000281079	0,0043	0,43%	6	12	0,6/1	2x6 + TT	767,42
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
	0,01720083	6,82831E-05	0,0040	0,40%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76

Cuadro Secundario del Edificio 3

Tabla 65: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del edificio 3 y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexonado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm2)	# Conductores	Sección cable (mm2)	AU admisible	Imax cable (A)
Inicio	Final										
CSED3	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	555	2,68	2,248	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	555	2,68	2,248	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	555	2,68	2,248	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	555	2,68	2,248	2	6	0,50%	19
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	555	2,68	2,248	2	6	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 1	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 2	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 3	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 4	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 5	ZKLP	F+N	B2	345	1,67	0,699	2	6	0,50%	19
Cableado		Factores de corrección					Agrup.	Imax cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)	
Inicio	Final	Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento						
CSED3	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	1	18,24	30	21,51		
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	1	18,24	30	21,51		
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	1	18,24	30	21,51		
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	1	18,24	30	21,51		
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	1	18,24	30	21,51		
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 1	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 2	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 3	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 4	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 5	0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01		
Cableado		resistividad(Ωmm2/m)	AU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm2)	φ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm2)	Icc (A)	
Inicio	Final										
CSED3	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	0,017302239	0,000907632	0,0036	0,36%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42	
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	0,017302239	0,000907632	0,0036	0,36%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42	
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	0,017302239	0,000907632	0,0036	0,36%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42	
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	0,017302239	0,000907632	0,0036	0,36%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42	
	Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	0,017302239	0,000907632	0,0036	0,36%	6	25	0,6/1	2x6 + TT	767,42	
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 1	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 1	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 2	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 2	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 3	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 3	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 4	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 4	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
Luminarias y Toma de fuerza Edificio 3 Clase 5	Luminaria 1 Edificio 3 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 2 Edificio 3 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 3 Edificio 3 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 4 Edificio 3 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	
	Luminaria 5 Edificio 3 Clase 5	0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5+ TT	319,76	

Cuadro Secundario del Baño 1

Tabla 66: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del baño 1 y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección cable (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CSBñ1	Luminaria 1 Baño 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Baño 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 3 Baño 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 4 Baño 1	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01
0,96	1	1	1	0,7	12,768	15	20,01

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,01720083	6,82831E-05	0,0028	0,28%	2,5	16	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76

Cuadro Secundario del Baño 2

Tabla 67: Dimensionamiento del cableado de unión entre el cs del baño 2 y sus derivaciones individuales.

Cableado		Tipo de cable	Conexionado	Tipo de montaje	Potencia (W)	Corriente (A)	Sección calculada (mm ²)	# Conductores	Sección cable (mm ²)	ΔU admisible	I _{max} cable (A)
Inicio	Final										
CSBñ2	Luminaria 1 Baño 2	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19
	Luminaria 2 Baño 2	ZXLPE	F+N	B2	35	0,17	0,071	2	2,5	0,50%	19

Factores de corrección					I _{max} cable corregida (A)	Longitud (m)	Temperatura del conductor (°C)
Temperatura ambiente	Temperatura del terreno	Res. térmica terreno	Profundidad de soterramiento	Agrup.			
0,96	1	1	1	0,8	14,592	15	20,01
0,96	1	1	1	0,8	14,592	15	20,01

resistividad(Ωmm ² /m)	ΔU (V)	ΔU a origen (V)	ΔU a origen (%)	Cable de protección (mm ²)	ϕ tubo (mm)	Tensión asignada cable (kV)	Composición del cable (mm ²)	I _{cc} (A)
0,017200635	6,82823E-05	0,0028	0,28%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76
0,017200635	6,82823E-05	0,0028	0,28%	2,5	12	0,6/1	2x2,5 + TT	319,76

Anexo III: Dimensionado de las protecciones del CP a DI

Cuadro Secundario del Campo de futbol

Tabla 68: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del campo de fútbol.

Cuadro Principal											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I ₂ /I ₂ <1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Campo de fútbol	6	9,28	35,90	40	C	200	400	383,709265	6	1,25891266	40	30	10

Cuadro Secundario de los Despachos

Tabla 69: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de los despachos.

Cuadro Principal											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I ₂ /I ₂ <1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Despachos	6	11,01	15,50	16	C	80	160	383,709265	6	1,16615067	25	30	10

Cuadro Secundario de la Enfermería

Tabla 70: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de la enfermería.

Cuadro Secundario Enfermería											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I ₂ /I ₂ <1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Enfermería	25	8,02	43,96	40	C	200	400	1598,79	6	0,102826183	40	30	10

Cuadro Secundario de la Biblioteca

Tabla 71: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de la biblioteca.

Cuadro Secundario Biblioteca											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I ₂ /I ₂ <1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Biblioteca	25	10,36	43,96	16	C	80	160	1598,79	6	0,41130473	25	30	10

Cuadro Secundario de las Oficinas

Tabla 72:: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario de las oficinas.

Cuadro Secundario Oficinas											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I ₂ /I ₂ <1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Oficinas	25	12,03	43,96	16	C	80	160	1598,79	6	0,41130473	25	30	10

Cuadros Secundarios del Edificio 1

Tabla 73: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 1.

Cuadro Secundario Edificio 1											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Clases Edificio 1	25	26,81	43,96	50	C	250	500	1598,79	6	1,28532729	50	30	10
Clase 1 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 2 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 3 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 4 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 5 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 6 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 7 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 8 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 9 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 10 Edificio 1	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			

Cuadro Secundario del Edificio 2

Tabla 74: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 2.

Cuadro Secundario Edificio 2											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Clases Edificio 2	25	26,81	43,96	50	C	250	500	1598,79	6	1,28532729	50	30	10
Clase 1 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 2 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 3 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 4 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 5 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 6 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 7 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 8 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 9 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			
Clase 10 Edificio 2	6	2,68	18,24	10	B	30	50	383,71	6	0,61951754			

Cuadro Secundario del Edificio 3

Tabla 75: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del edificio 3.

Cuadro Secundario Edificio 3											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Clases Edificio 3	50	13,41	64,89	16	C	80	160	3197,58	6	0,27862579	25	30	10
Clase 1 Edificio 3	2,5	2,68	18,24	10	B	30	50	159,88	6	0,61951754			
Clase 2 Edificio 3	2,5	2,68	18,24	10	B	30	50	159,88	6	0,61951754			
Clase 3 Edificio 3	2,5	2,68	18,24	10	B	30	50	159,88	6	0,61951754			
Clase 4 Edificio 3	2,5	2,68	18,24	10	B	30	50	159,88	6	0,61951754			
Clase 5 Edificio 3	2,5	2,68	18,24	10	B	30	50	159,88	6	0,61951754			

Cuadro Secundario del Baño 1

Tabla 76: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del baño 1.

Cuadro Secundario Baño 1											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Baño 1	25	0,68	43,96	10	C	50	100	1598,79	6	0,25706546	25	30	10

Cuadro Secundario del Baño 2

Tabla 77: Dimensionado de las protecciones del cuadro secundario del baño 2.

Cuadro Secundario Baño 2											Diferencial		
Magnetotérmico	Sección cable (mm ²)	Ib: corriente de cálculo (A)	Iz: máxima corriente admisible cable (A)	Calibre (In normalizada) (A)	Curva	Imag.min	Imag.max	Icc(A)<PdC	PdC (kA)	I2/Iz<1,45	In (A)	IΔn (mA)	PdC (kA)
Baño 2	25	0,34	43,96	10	C	50	100	1598,79	6	0,25706546	25	30	10

Anexo IV: Resultados obtenidos por BlueSol

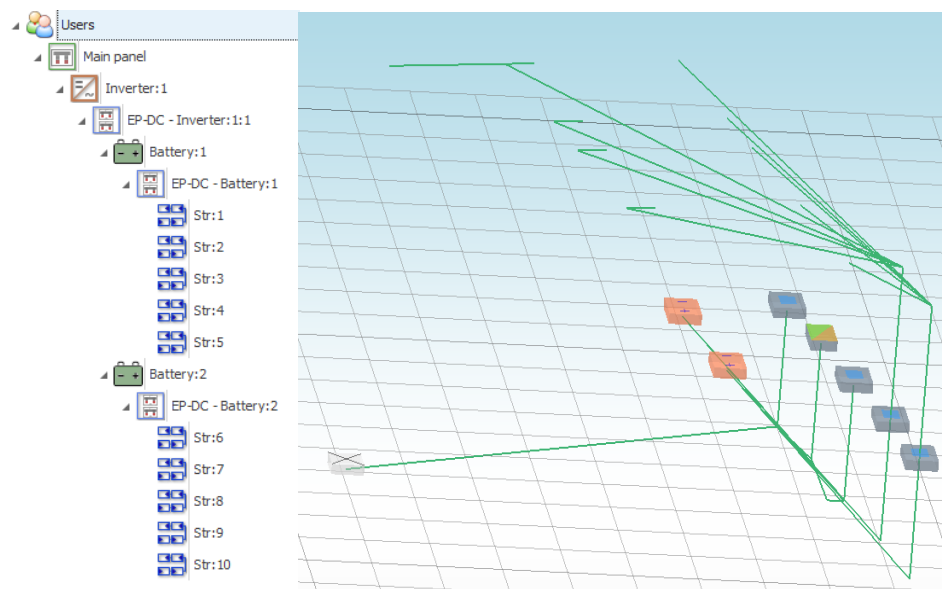


Figura 51: Distribución de los dispositivos de la instalación fotovoltaica.



Figura 52: Localización de instalación de los paneles fotovoltaicos.

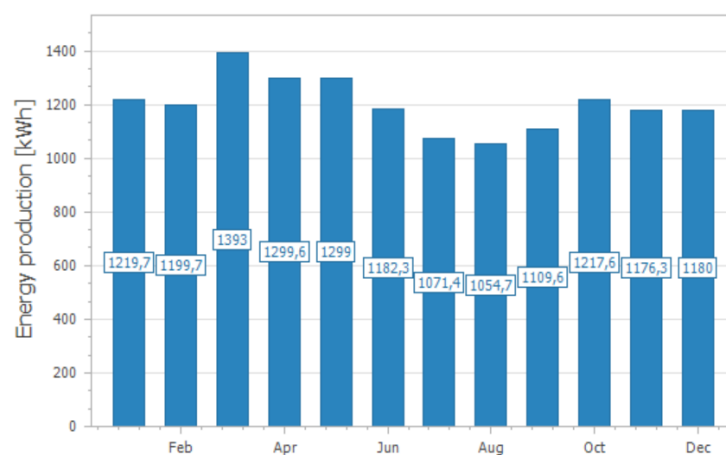
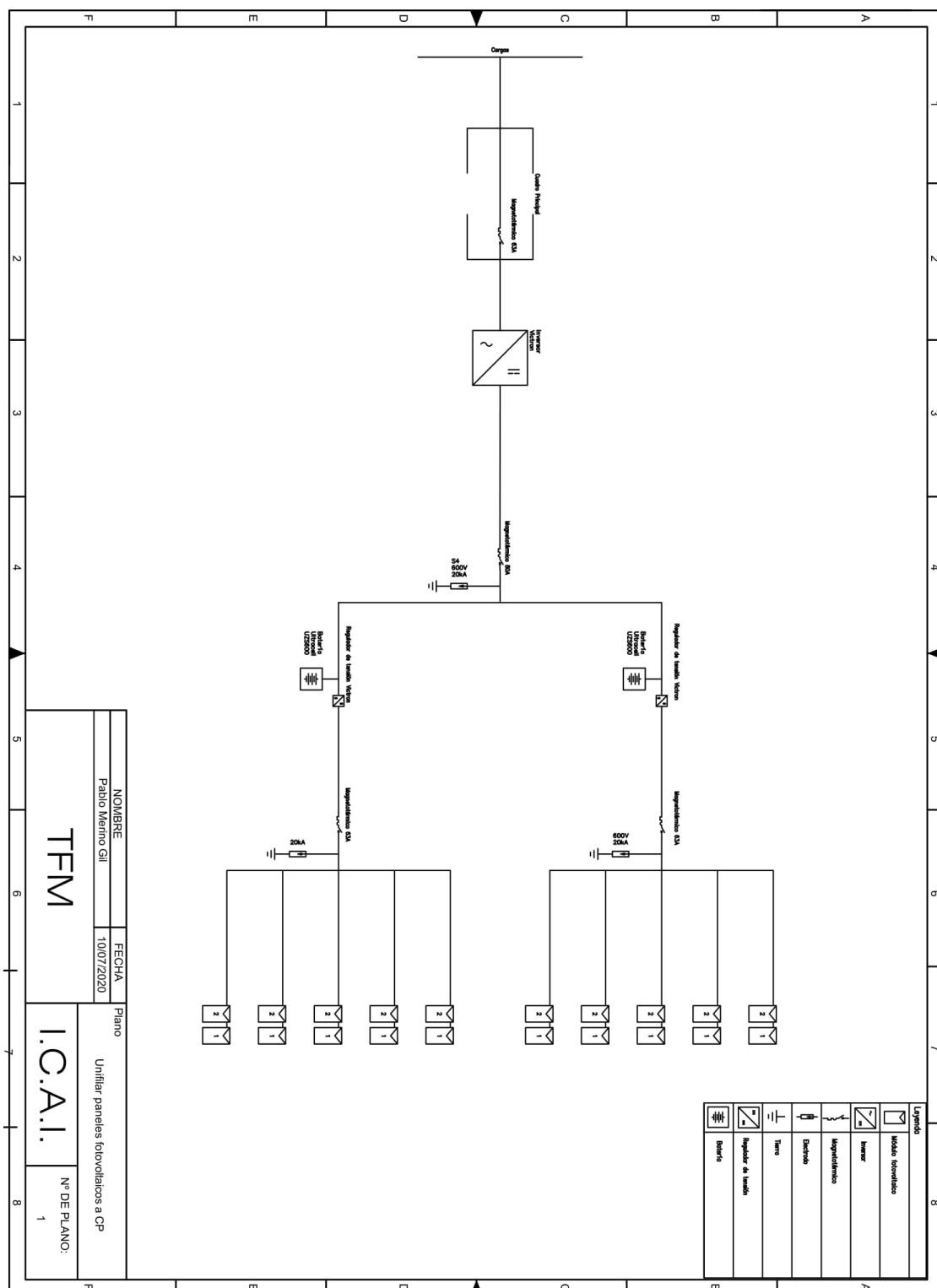


Figura 53: Perfil de generación de la instalación.

9. Planos

Plano 1: Unifilar paneles fotovoltaicos a CP



Plano 2: Unifilar CP a DI

