



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Plan de electrificación sostenible para comunidad rural
en Zimbabue

Autor: Miguel López Asís

Director: Manuel Moreno García

Madrid

Agosto de 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabue
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/22 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.: Miguel López Asís

Fecha: 27 / 08 / 2022



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Manuel Moreno García

Fecha: 28 / 08 / 2022





MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Plan de electrificación sostenible para comunidad rural
en Zimbabue

Autor: Miguel López Asís

Director: Manuel Moreno García

Madrid

Agosto de 2022

PLAN DE ELECTRIFICACIÓN SOSTENIBLE PARA COMUNIDAD RURAL EN ZIMBABUE

Autor: López Asís, Miguel

Director: Moreno García, Manuel

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO.

Palabras clave: Energía renovables, Sostenibilidad, Acceso a la electricidad, ONG, Zimbabwe, Electrificación, Suministro energético.

1. Introducción

Este proyecto se basa en el diseño de una instalación de generación fotovoltaica junto con el de una eléctrica de baja tensión que facilite y garantice el suministro eléctrico en la clínica diseñada para ofrecer cuidados médicos en la comunidad de Dotito, en Mount Darwin, región rural del norte de Zimbabwe, en una búsqueda por mejorar la calidad de vida en zonas desfavorecidas.

2. Definición del proyecto

Se pretende ampliar el proyecto ya realizado dos años atrás en colaboración con la ONG Child Future África, “Edificio sostenible para consultas de asistencia médica básica en Zimbabwe”, suministrando energéticamente al edificio ya diseñado partiendo de una fuente de energía renovable lo que permitirá, además de aproximar el acceso a la electricidad a estas comunidades rurales más desfavorecidas, hacerlo de la forma más sostenible posible, facilitando la continuidad y replicabilidad de esta iniciativa.



El contexto en que se pretende llevar a cabo el proyecto tendrá cierta influencia en el desarrollo de este, al tratarse Zimbabwe de un país cuya situación tanto económica como política destacan por su precaria situación, encontrándose la corrupción a la orden del día. Esto se refleja en unos servicios a los ciudadanos en la mayoría de los casos prácticamente inexistentes, lo que es aún más destacable en las zonas rurales donde el acceso a servicios como la asistencia médica o la electricidad es inexistente en la mayoría de los casos.

Con esta iniciativa se pretende luchar en la medida de lo posible contra esta situación, permitiendo a la clínica ofrecer los servicios para los que fue diseñada a la vez que se facilita el acceso por limitado que sea a un bien como es la electricidad, considerado imprescindible en otros países más desarrollados.

Se apuesta así por una electrificación sostenible para aquellas regiones aisladas a las que no llega una red eléctrica nacional, planteando el desarrollo de un proyecto con un alto grado de replicabilidad en otras zonas en situación similar, apostando por la participación y formación de la población local para lograr su participación y aprendizaje, intentando alcanzar en cierto modo un pequeño grado de autosuficiencia en este proceso de desarrollo energético.

El proyecto constará principalmente en el diseño de una instalación energética que garantice un suministro energético tanto para la clínica como para las viviendas de alrededor que podrán aprovechar aquellos excedentes no consumidos por el centro sanitario. Partiendo de la situación climática de la región se pretende explotar al máximo los recursos naturales, en este caso la radiación solar de modo que, partiendo de registros solares en la región de años anteriores, se optimizará una instalación de generación fotovoltaica que permita un cierto abastecimiento energético.

También se llevará a cabo el diseño de la instalación eléctrica de la clínica que permitirá la utilización del equipamiento necesario para ofrecer una asistencia médica de calidad.

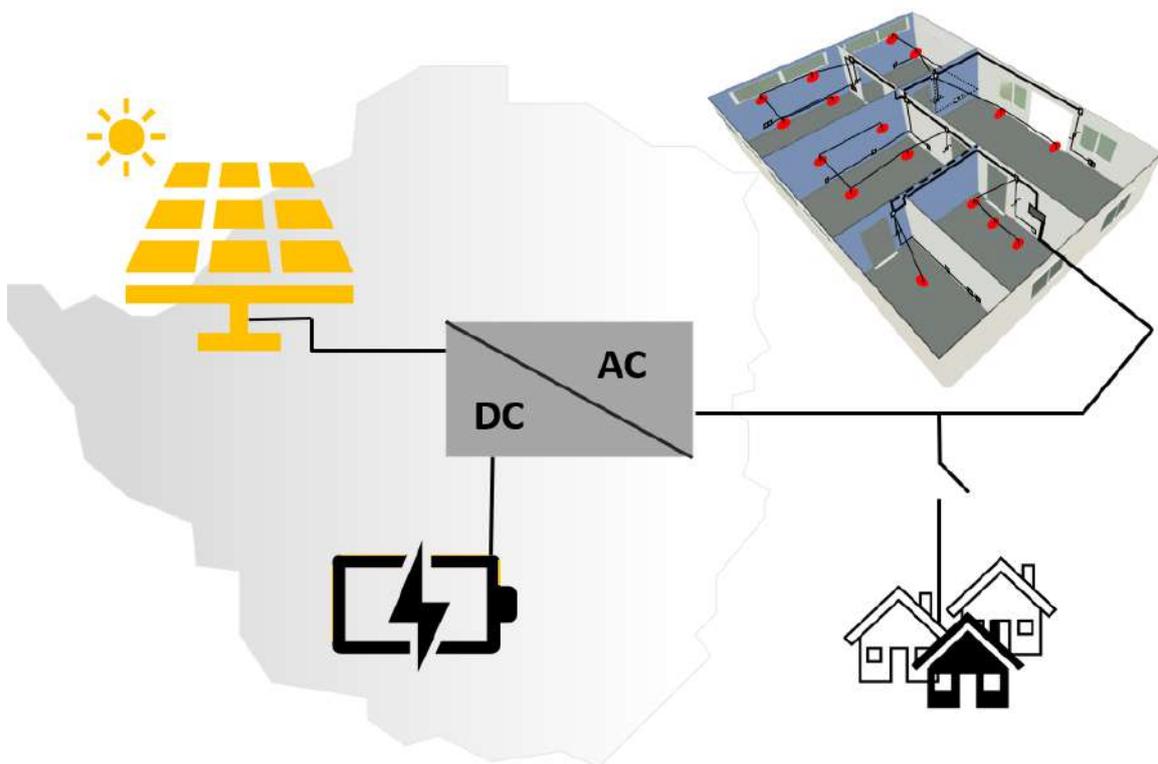


Ilustración 1. Esquema general de la instalación.

Debido al desconocimiento del mercado local en la materia en particular, a pesar de que el diseño se realice considerando el acceso a un determinado tipo de equipamiento, a la hora de la ejecución se buscará aquel lo más parecido posible al que se tenga acceso con los proveedores locales.

Según el presupuesto elaborado, se estima un coste del proyecto de unos 13.904,65€, aunque hay que tener en cuenta que dicho presupuesto ha sido realizado en función de

los costes en España, los cuales pueden variar considerablemente en Zimbabue, especialmente en lo referido en mano de obra.

En conclusión, el fin último de este proyecto es ayudar a una población rural completamente desamparada por el gobierno de su país y darles la posibilidad en la medida de lo posible de acceder a ciertas posibilidades que en Europa se consideran imprescindibles, mediante un proyecto basado en la sostenibilidad y con un elevado grado de replicabilidad en otras comunidades similares.



SUSTAINABLE ELECTRIFICATION PLAN FOR RURAL COMMUNITY IN ZIMBABWE

Author: López Asís, Miguel

Supervisor: Moreno García, Manuel

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

Keywords: Renewable energy, Sustainability, Access to electricity, NGOs, Zimbabwe, Electrification, Energy supply.

1. Introducción (traducir todo el resumen al inglés, incluyendo los títulos que se hayan empleado)

This project is based on the design of a photovoltaic generation facility together with a low voltage power supply to facilitate and guarantee the electricity supply in the clinic designed to provide medical care in the community of Dotito, in Mount Darwin, a rural region of northern Zimbabwe, in a quest to improve the quality of life in disadvantaged areas.

2. Definición del proyecto

The aim is to expand the project already carried out two years ago in collaboration with the NGO Child Future Africa, "Sustainable building for basic medical care consultations in Zimbabwe", supplying the already designed building with energy from a renewable energy source, which, in addition to bringing access to electricity to these most disadvantaged rural communities, it will be done in the most sustainable way possible, facilitating the continuity and replicability of this initiative.



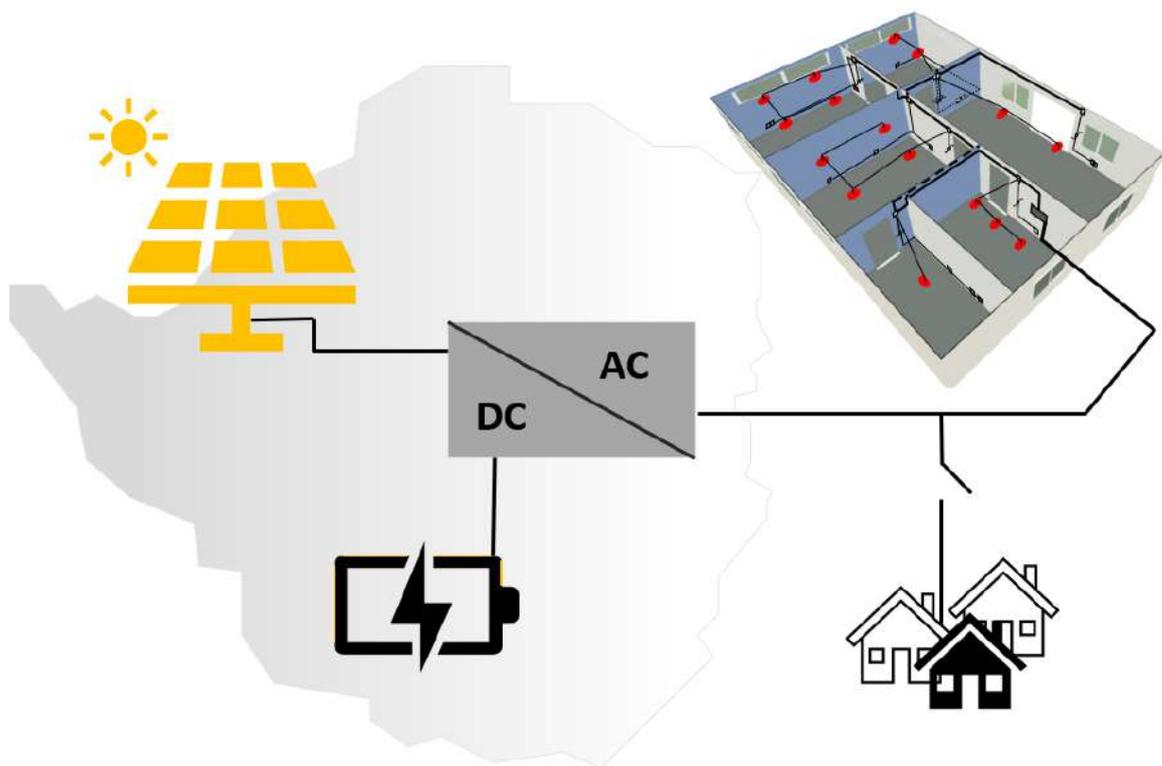
The context of the project will have a certain influence on his development, as Zimbabwe is a country whose economic and political situation is characterized by its precarious situation, with corruption being the order of the day. This is reflected in the fact that in most cases public services are practically non-existent, which is even more remarkable in rural areas with access to services such as medical assistance or electricity.

This initiative is intended to combat this situation as far as possible, allowing the clinic to offer the services for which it was designed, facilitating access to a commodity such as electricity, which is considered essential in more developed countries.

It focuses on sustainable electrification for those isolated regions that are not reached by a national electricity grid, proposing the development a project with a high degree of replicability in other areas in a similar situation, betting on the participation and training of the local population to achieve their participation and learning, trying to achieve in some way a small degree of self sufficiency in this process of energy development.

The Project Will mainly consist of the design of an energy installation that will guarantee an energy supply both for the clinic and for the surrounding houses, which will be able to take advantage of the surpluses not consumed by the health centre. Based on the climatic situation of the region, the aim is to exploit natural resources to the maximum, in this case solar radiation, so that, based on solar record in the area from previous years, a photovoltaic generation system will be optimized to allow a certain energy supply.

The project also includes de design of the electrical installation of the clinic that will allow the use of the necessary equipment to provide quality medical care.



Picture 2. General diagram of the system

Due to the lack of knowledge of the local market in this particular area, even though the design is made considering the access to a certain type of equipment, at the time of execution, the most similar equipment available on the local market will be used.

According with a cost of 13,904.65€ es expected, but it must be taken in account that this budget has been based on costs in Spain, which may vary considerably in Zimbabwe, especially in terms of labour.

In conclusion, the goal of this project is to help a rural population completely neglected by the government of their country and give them the possibility, as far as possible to access certain facilities that are considered essential in Europe, through a project based on sustainability and with a high degree of replicability in other similar communities.

Documento I - MEMORIA

Documento II - PLANOS

Documento II - MEDICIONES Y PRESUPUESTO



DOCUMENTO I:

Memoria

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	5
1.1 Motivación del proyecto.....	5
1.2 Contexto geográfico, político y religioso en Zimbabue	6
1.3 Actualidad de Zimbabue	9
1.3.1 Situación económica del país.....	9
1.3.2 Situación sanitaria e impacto de la Crisis Covid 19	11
1.3.3 Zimbabue y el continente africano en materia energética	12
1.4 Clima en Zimbabue	14
Capítulo 2. Memoria descriptiva	16
2.1 Objetivos y motivación	16
2.2 Punto de partida.....	17
2.3 Iluminación de la clínica	18
2.4 Dimensionado de cargas.....	21
2.5 Instalación fotovoltaica	22
2.6 Instalación de eléctrica de baja tensión	25
Capítulo 3. Cálculos	28
3.1 Iluminación.....	28
3.2 Previsión de cargas.....	31
3.3 Instalación fotovoltaica	34
3.3.1 Dimensionado de la instalación	35
3.3.2 Diseño de la instalación fotovoltaica	37
3.3.2.1 Selección del inversor.....	37
3.3.2.2 Selección de los módulos.....	38
3.3.2.3 Disposición de los módulos	39
3.3.2.4 Resultados de la simulación (SAM)	41
3.3.2.5 Selección de la batería	44
3.3.2.6 Dimensionado de los conductores	46
3.3.2.7 Protecciones de la instalación fotovoltaica	50
3.4 Instalación eléctrica de baja tensión.....	53
3.4.1 Instalación de enlace.....	53

3.4.2	Instalación interior de la clínica.....	54
3.4.2.1	Previsión de cargas	54
3.4.2.2	Sección de conductores.....	57
3.4.2.3	Protecciones. Cuadro General de Mando y Protección	58
3.4.3	Montaje de la instalación.....	61
Capítulo 4. <i>Carácter económico de la iniciativa</i>		63
4.1	Ideas de utilización de excedentes.....	63
4.2	Análisis de impacto económico de la instalación.....	65
4.3	Modelo de comercialización de excedentes	66
Capítulo 5. <i>Bibliografía</i>		69
ANEXO I. <i>Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)</i>.....		72
ANEXO II. <i>Fichas técnicas</i>		74

Índice de figuras

Figura 1. Localización de la comunidad de Dotito.....	6
Figura 2. Robert Mugabe junto Emmerson Mnangagwa (2017).....	7
Figura 3. Tasa de inflación de Zimbabue en el último año	9
Figura 4. Evolución de la esperanza de vida – España/Zimbabue	11
Figura 5. Grado de acceso a la electricidad – Mundo/Zimbabue	13
Figura 6. Mapas de Irradiancia directa normal y global horizontal.....	15
Figura 7. Trayectorias solares según la localización	18
Figura 8. Planta de la clínica	19
Figura 9. Esquema básico instalación fotovoltaica Off-Grid	22
Figura 10. Disposición de módulos FV en serie y paralelo.....	23
Figura 11. Esquema Instalación de enlace.....	26
Figura 12. Características inversor DE: E8-TL-US [240V] (SAM).....	38
Figura 13. Características módulo TS: TSM-320DD06H.05 (ii) (SAM).....	40
Figura 14. Croquis conexión eléctrica de los módulos.....	40
Figura 15. Configuración eléctrica y orientación de los módulos (SAM).....	41
Figura 16. Generación mensual según simulación (SAM).....	42
Figura 17. Tensiones de trabajo del sistema (SAM)	43
Figura 18. Diagrama de flujos del sistema fotovoltaico (SAM).....	43
Figura 19. Batería de litio Growatt ARK XH 10,24 kWh.....	45
Figura 20. Interruptores automáticos magnetotérmicos (Curvas características).....	52
Figura 21. Croquis de la instalación eléctrica de la clínica (Plano 6)	56
Figura 22. Croquis del Cuadro de Mando y Protección de la clínica.....	59
Figura 23. Ejemplo de toma a tierra	61
Figura 24. Ejemplo de instalación de cableado en tubos de PVC	62
Figura 25. Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Iluminancias requeridas según UNE 12464.1	19
Tabla 2. Coeficientes de reflexión luminarias Coreline y Liderlux	30
Tabla 3. Tabla parcial de valores límite de VEEI (CTE DB HE3)	31
Tabla 4. Resultados del dimensionado de luminarias de la clínica	31
Tabla 5. Desglose del consumo por iluminación.....	32
Tabla 6. Estimación de consumo diario.....	35
Tabla 7. Valores de Irradiancia solar en Dotito (PVGIS).....	37
Tabla 8. Estimación del consumo mensual	42
Tabla 9. Secciones de la instalación fotovoltaica	50
Tabla 10. Calibres normalizados de fusibles de baja tensión (A)	51
Tabla 11. Calibres normalizados de interruptores automáticos (A)	52
Tabla 12. Características eléctricas de los circuitos de la clínica.....	57
Tabla 13. Sección de cable. Instalación de la clínica	58
Tabla 14. Caída de tensión en los cables. Clínica	59
Tabla 15. PIAs de los circuitos de la clínica.....	61

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como fin proveer de unas instalaciones eléctricas básicas, además de un suministro energético sostenible a parte de la comunidad rural de Dotito, situada al norte de Zimbabue, y en particular a la clínica diseñada años atrás para su edificación en esta comunidad.

Esto permitirá una mejora considerable de la calidad de vida de sus habitantes, permitiéndoles además disponer de una asistencia médica básica que, de otro modo, sin la existencia de un suministro eléctrico con cierto grado de fiabilidad no sería posible.

El diseño del proyecto será llevado a cabo, como ya ha ocurrido años anteriores con otros trabajos de fin de grado y máster de índole similar, en colaboración con la ONG Child Future África, organización de voluntariado privada, creada en 2002 y que se encarga de la gestión del orfanato de la Mount Darwin.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La motivación del proyecto es suministrar un servicio que en la mayor parte de occidente es considerado básico, el acceso a la electricidad, pero que en otros países es considerado un lujo, con el fin de poder prestar una asistencia médica básica de una mayor calidad, así como poder disponer de una mejor calidad de vida en el día a día de la comunidad.

El punto de partida será el proyecto llevado a cabo en 2020, con el título “Edificio sostenible para consultas de asistencia médica básica en Zimbabue”, y se llevará a cabo el diseño de la instalación eléctrica necesaria en este edificio para poder prestar una adecuada asistencia médica, además del diseño de una instalación fotovoltaica encargada de suministrar la energía de la forma más sostenible e independiente posible.

Por otro lado, se considera que únicamente diseñar la instalación y hacerla operativa no es suficiente a largo plazo, sino que también debe haber un proceso de formación, que prepare

a los individuos de la comunidad para operar y mantener esta instalación. Se propondrá impartir, un curso básico en la escuela de formación profesional que fue construida en la comunidad hace unos años, para instruir a algunos miembros de la comunidad con los conocimientos y preparación necesarios para mantener operativa y en pleno funcionamiento la instalación.

1.2 CONTEXTO GEOGRÁFICO, POLÍTICO Y RELIGIOSO EN ZIMBABUE

A la hora de afrontar un proyecto en un país de estas características es importante conocer el contexto particular en el que se pretende llevar a cabo y no pasar por alto factores que puedan suponer algún tipo de obstáculo en el diseño o en la futura ejecución de este.

Desde un punto de vista geográfico, Zimbabwe está situado en la zona sur del continente africano, delimitando con Zambia, Sudáfrica, Botsuana y Mozambique, al norte, sur, oeste y este respectivamente, no teniendo acceso al mar. El país está dividido en ocho provincias y es en la provincia más al noreste, Mashonolandia Central, donde se encuentra la comunidad objeto de este proyecto, Dotito, en la región de Mount Darwin a unos ciento sesenta kilómetros al norte de Harare, la capital del país.



Figura 1. Localización de la comunidad de Dotito

Es importante el desarrollo histórico de Zimbabue para ver ante qué tipo de país nos encontramos y que acontecimientos ha sufrido a lo largo del tiempo. El país alcanzó su independencia en 1980 cuando pasó a llamarse oficialmente Zimbabue, después de un largo periodo colonial, tras haber sido constituida como colonia británica en 1880 con el descubrimiento de yacimientos de oro en la región. Durante esa etapa se rebautizó a la colonia en 1885 como Rhodesia.

En 1985, fue elegido presidente el líder nacionalista negro Robert Mugabe, apostándose en el ámbito político por el socialismo y manteniéndose Mugabe en el poder durante los siguientes 40 años. Después de que en 2017 el presidente destituyera de forma fraudulenta al entonces vicepresidente Emmerson Mnangagwa, con el fin de situar al frente del gobierno a su propia esposa, se vio obligado a renunciar a la presidencia ante la presión militar que sufrió, asumiendo como sucesor a su destituido vicepresidente. A partir de ese momento y hasta la actualidad, Zimbabue es en teoría una república presidida por Emmerson Mnangagwa, donde tienen lugar elecciones cada cinco años a través del sufragio universal donde pueden votar los mayores de dieciocho años. [1]



Figura 2. Expresidente de Zimbabue Robert Mugabe (Derecha), junto con el actual presidente Emmerson Mnangagwa [4]

Desde julio de 2019, se ha registrado una proliferación en las denuncias por violación de los derechos humanos y libertades públicas de la población, convocándose el 31 de julio de 2020 varias manifestaciones en contra de esta situación, las cuales fueron sofocadas violentamente, lo cual se justificó en las restricciones del Covid-19. Desde este momento y hasta la actualidad se han realizado varios comunicados de la Oficina del secretario general de Naciones Unidas, mostrando su preocupación por la situación de la democracia y los derechos humanos en el país. De lo mencionado se puede suponer que las escasas libertades y derechos con los que cuenta la población son de dudoso valor. [2]

En lo referido al ámbito religioso, un 86,2% de la población es cristiana, dividiéndose en protestantes anglicanos, adventistas, luteranos y metodistas, y católicos. Aunque en menor medida, también hay parte de la población que practican cultos tradicionales, un 4,5% y un 10,2% de la población sin una religión definida. Únicamente un 0,9% de la población practican la religión musulmana. Hay que tener en cuenta que teniendo en cuenta las características de este tipo de países, con tanta población que viven en zonas rurales y prácticamente aislados, tanto los censos como este tipo de repartos de la población presentan un nivel de exactitud considerablemente inferior al deseado.

Según el Índice de percepción de la Corrupción publicado por la Organización para la transparencia Internacional, Zimbabwe obtuvo veintitrés puntos en 2021 lo que supuso un incremento de la percepción de la corrupción por parte de los ciudadanos en comparación con años interiores. Manteniéndose en el Ranking en una posición elevada como uno de los países con mayor percepción de corrupción por parte de su población.

Respecto a las creencias autóctonas de la región, la más extendida es el Mwari, en la cual se cree en un Dios, el cual no es corpóreo, sino una especie de espíritu, como una voz que habla desde el cielo y que llevó al territorio a los primeros Guruuswa, habitantes del imperio Rozvi, establecido en la meseta de Zimbabwe entre 1684 y 1889.

El idioma oficial de Zimbabwe es el inglés, al tratarse de una colonia británica, aunque es considerado como idioma nativo únicamente por una pequeña parte de la población, que hablan mayoritariamente lenguas bantúes, mayoritariamente el Shona.

1.3 ACTUALIDAD DE ZIMBABUE

Es necesario conocer la situación actual de la región en los diferentes sectores del país y de la sociedad, con el fin de entender con un mayor grado de realismo el problema que se busca afrontar, así como las mejores vías para que este pueda llevarse a cabo con éxito.

1.3.1 SITUACIÓN ECONÓMICA DEL PAÍS

Tanto el nivel de vida de la población, como el ámbito político están estrechamente relacionados con la situación económico del país, y es que mientras que el elevado grado de corrupción existente en el gobierno es el principal causante de esta situación económica, es la población la que se ve afectada por las consecuencias.

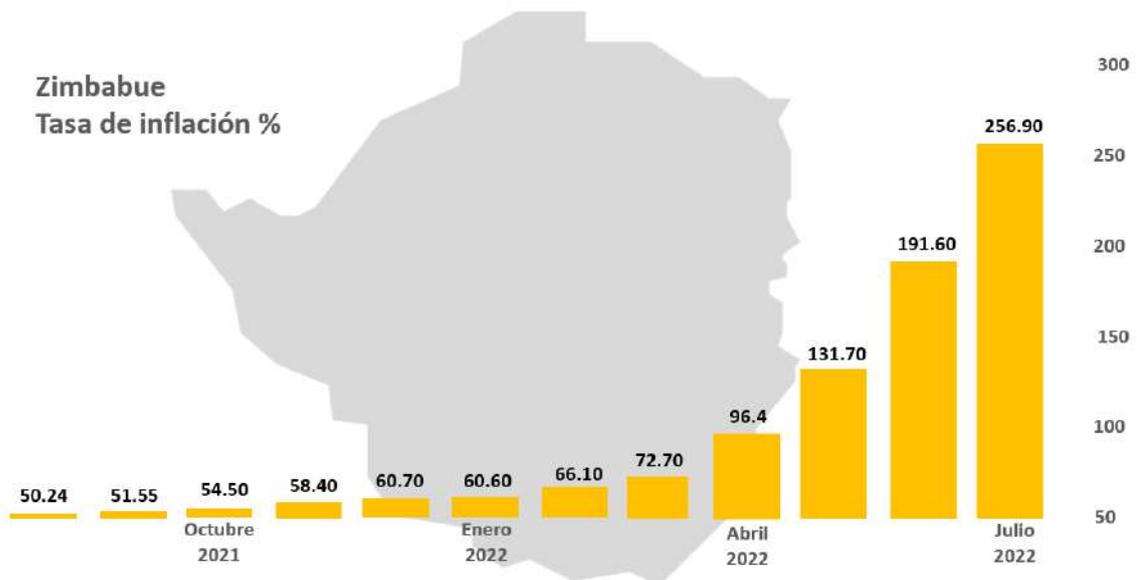


Figura 3. Tasa de inflación de Zimbabwe en el último año [X]

A finales del siglo pasado, el PIB de Zimbabwe era superior al de muchos países vecinos, pero desde la década de los 90's el país ha sufrido un acentuado proceso de desindustrialización causado por la deficiente gestión económica junto con una constante pérdida de productividad.

Esto se ha acelerado aún más por políticas desincentivadoras de la inversión, como es el caso de la expropiación desde el año 2000 de prácticamente la totalidad de tierras ocupadas por los granjeros blancos sin compensación económica. La situación llevó a la imposición por parte de Estados Unidos, Reino Unido, Canadá y la Unión Europea.

Aunque se generaron expectativas a causa del golpe de estado que derrocó en noviembre de 2017 al entonces presidente Robert Mugabe, los problemas económicos de Zimbabwe son de difícil solución, debido en gran parte a las cuantiosas deudas del país con el Banco Mundial, el Banco Africano de Desarrollo y el Banco Europeo de Inversiones, que han contribuido a un estrangulamiento o incluso cancelación de la actividad de estos Organismos Internacionales en Zimbabwe. Esto a su vez ha derivado en la huida de los bancos comerciales, incrementando la falta de financiación y este aislamiento internacional. Todo esto ha agravado el problema de falta de liquidez.

Hay que destacar también los episodios de acelerada hiperinflación ocurridos en 2008 y más recientemente en 2019/2020, llegando a registrar en 2008 una de las mayores tasas de inflación a nivel mundial, junto con una tasa de paro de hasta el 98%.

Ante los problemas antes mencionados y con el fin de reducir el problema de liquidez, el gobierno optó por la prohibición de utilizar moneda extranjera en operaciones locales, remplazándola por los DLBTR (dólares de Liquidación Bruta en Tiempo Real) equivalentes a dólares estadounidenses. La elevada inflación que está sufriendo actualmente el país este último año tiene como causante, además de la crisis del Covid-19, la desconfianza por parte de la población en el DLBTR, así como la intromisión del estado en el mercado, fijando los precios de las mercancías. [3]

En lo que respecta a los diferentes sectores económicos y productivos, el sector primario tiene como principales actividades económicas la minería y agricultura siendo las fuentes de exportación mayoritarias en Zimbabwe, destacando como principales materias primas exportadas, el tabaco, el níquel, el oro y los diamantes. Se ha dado un continuo proceso de desindustrialización los últimos en el país, lo que se traduce en un elevado deterioro de sector secundario, al estar el sector industrial directamente afectado por la hiperinflación y

el consecuente desabastecimiento de recursos y materias primas. El sector terciario, es sin duda una de las mayores fuentes de ingresos del país, con un sector turístico potente al contar con considerables atracciones naturales como las cataratas Victoria.

1.3.2 SITUACIÓN SANITARIA E IMPACTO DE LA CRISIS COVID-19

En lo que a servicio sanitario se refiere, Zimbabue es un país con un servicio sanitario público extremadamente precario e incluso inexistente en la mayoría de las regiones, especialmente en las de tipo rural. Únicamente pueden acceder a una asistencia médica relativamente decente aquellos habitantes que tienen medios económicos suficientes para pagar los servicios de alguna de las clínicas privadas situadas en la capital o en las ciudades de Matre y Bulawayo.

Este sistema sanitario tan deficiente desemboca en la proliferación de enfermedades como el VIH, sufrida en la actualidad por más de un treinta por ciento de la población, y que es causante de elevados casos de orfandad en la población infantil. También en los últimos años se ha registrado un incremento acentuado de brotes de cólera ocasionados por el difícil acceso a fuentes de agua limpia.

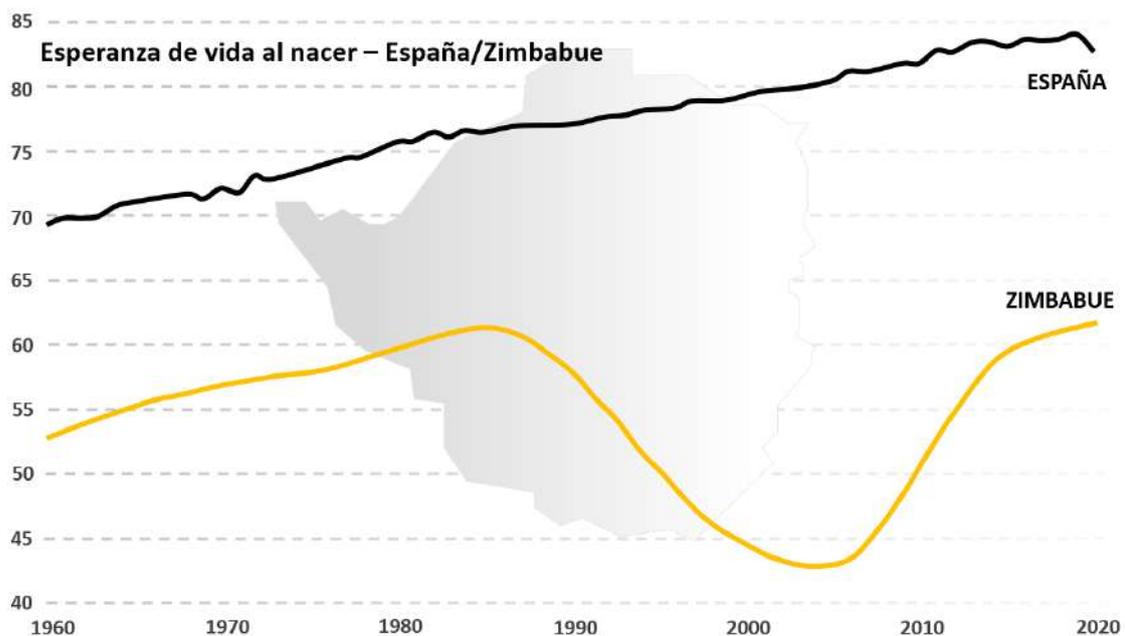


Figura 4. Evolución de la esperanza de vida - España/Zimbabue [5]

Desde 2019, los doctores zimbabuenses sufrieron desorbitados descensos de salario a causa de la sustitución del dólar estadounidense por el DLBTR que, junto con el incremento de los precios de los productos básicos, hace que la mayoría no pueda sufragar los gastos básicos de subsistencia. A su vez el racionamiento de la electricidad, con cortes de hasta dieciocho horas, ha llevado a que gran cantidad de pacientes no puedan ser intervenidos quirúrgicamente. Además, en 2019 el sistema sanitario de Zimbabwe estaba formado únicamente por dos mil médicos para una población de aproximadamente catorce millones de personas.

En lo que respecta a la crisis del Covid-19 y su impacto en Zimbabwe, es posible que los números de casos y fallecimientos parezcan poco elevados en comparación con países más desarrollados, pero hay que tener en cuenta que debido a las características de este país y otros similares el control sobre la población es muy escaso en lo que a censo se refiere de modo que los datos oficiales son de escasa credibilidad, a causa de las malas infraestructuras y reducidos recursos que no permite al país tener una radiografía fiable de la situación pandémica. [6]

Teniendo en cuenta que, a noviembre de 2021 la gran mayoría de países del continente africano tenían menos del 10% de la población vacunada, debido a un aislamiento por parte del resto de los países se puede deducir que el impacto sufrido por Zimbabwe y sus países vecinos ha sido mucho mayor de lo informado. [7]

1.3.3 ZIMBABUE Y EL CONTINENTE AFRICANO EN MATERIA ENERGÉTICA

En este aspecto, debemos destacar que Zimbabwe es un país que cuenta con gran cantidad de recursos naturales aprovechables para la generación de energía y cuenta con una potencia instalada aproximada de unos 2.000 MW (2021). Las principales fuentes energéticas en el país son el carbón y la energía hidroeléctrica, y a pesar de que el acceso a la electricidad es de aproximadamente el 50%, no está homogéneamente distribuido al estar concentrado en las zonas urbanas y ser prácticamente inexistente en gran parte de las zonas rurales.

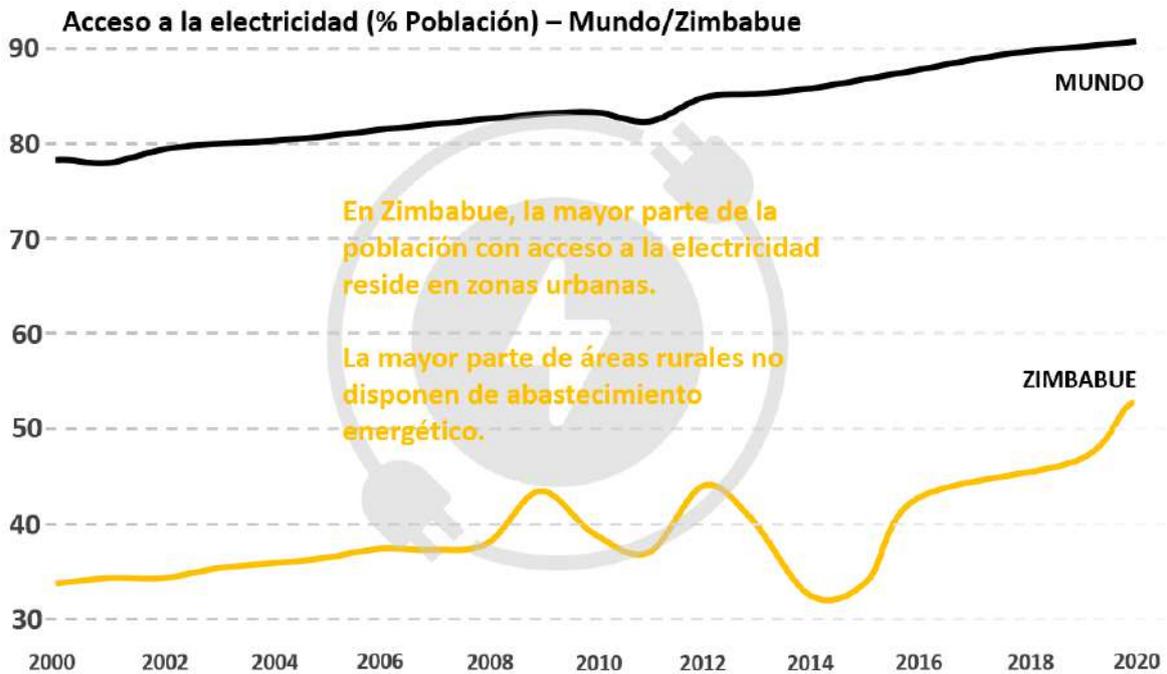


Figura 5. Grado de acceso a la electricidad - Mundo/Zimbabue [5]

A finales de 2021, según las fuentes consultadas la producción diaria en el país era de entre 6.000 MWh y 7.200 MWh, frente a una demanda de aproximadamente 50.400 MWh, lo que supone que se provoquen cortes de hasta 18 horas.[8]

Puesto que las centrales hidroeléctricas y térmicas existentes en el país no son capaces de abastecer la demanda energética existente, es necesario trazar un plan para incrementar la generación y asemejarla a la demanda que, a pesar de no poderse cubrir no para de crecer. También tendrá que afrontarse el segundo mayor problema energético del continente, que es el reparto desigual de la energía por regiones y zonas, debido en gran medida al poco desarrollo en las redes de transporte y distribución eléctrica.

Teniendo en cuenta los recursos naturales disponibles para la generación de energía en el país y en el continente en general, un equipo de la Universidad de California-Berkley, traza una estrategia viable para el desarrollo energético solar y fotovoltaico, reduciendo al mismo tiempo la dependencia de los combustibles fósiles.

Según dicho estudio, el problema es la distribución heterogénea de la energía en el continente, ya que a pesar de que la energía hidroeléctrica es una de las principales fuentes en algunos países, en otras naciones no está disponible y es un recurso poco fiable debido a las frecuentes sequías que se dan en algunas regiones.

La principal conclusión del estudio se basa en el hecho de que hay recursos energéticos renovables suficientes para abastecer la creciente demanda, utilizándose la energía hidroeléctrica y de combustibles fósiles para equilibrar los picos de demanda. No obstante, es importante que los países sean capaces de llegar a acuerdos para compartir la energía maximizando así el aprovechamiento de recurso de mayor fácil acceso y menor impacto en su explotación. [10]

1.4 CLIMA DE ZIMBABUE

Las características climáticas de la región en cuestión serán de vital importancia a la hora de determinar el tipo de recurso energético renovable más interesante para el suministro energético de la clínica. El clima propio de la región es tropical templado, con una temperatura media anual de 25°C y temperaturas mínimas y máximas de 7°C y 30°C respectivamente, situando el periodo más frío del año entre junio y septiembre.

Respecto a las precipitaciones, en la región se identifican dos temporadas diferentes, por un lado, la seca que va desde marzo a finales de octubre, con lluvias extremadamente escasas, y la temporada de lluvias, asociada al periodo que va desde noviembre a finales de febrero.

Puesto que se ha optado por utilizar una instalación fotovoltaica para la generación de energía para la clínica se debe prestar especial atención a los valores de irradiancia solar de la zona con el fin de poder dimensionar la instalación en cuestión. Como se puede observar en la Figura 6, la zona objeto de estudio no es la que presenta mayores valores de irradiancia, pero a pesar de esto, al presentar valores elevados permite plantear como una

opción viable la utilización de energía solar fotovoltaica como solución al problema que se plantea.

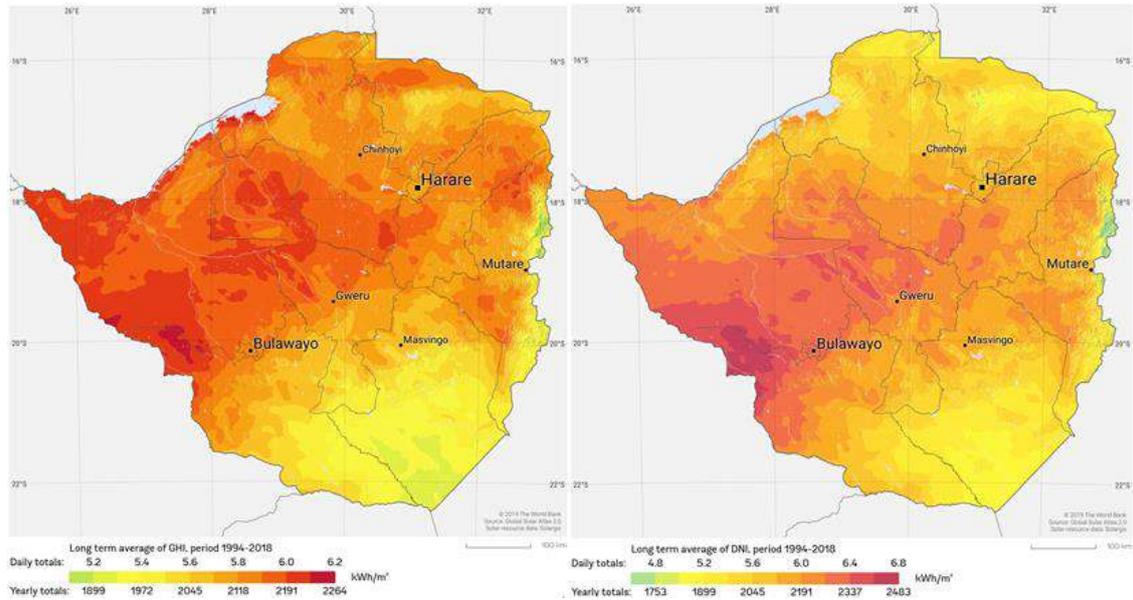


Figura 6. Mapas de Irradiancia directa normal (Izq.) y global horizontal (Dcha.) [11]

Capítulo 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

2.1 OBJETIVOS Y MOTIVACIÓN

La deficiente calidad de vida a la que están expuestos la mayor parte de la población de Zimbabue es una evidencia, más incluso en las zonas rurales como es la región de Mount Darwin en la que se sitúa Dotito, la comunidad objeto de esta iniciativa. Esta situación tan precaria y de escasez se extiende a la gran mayoría de los sectores de la sociedad y economía del país, pero es especialmente destacable en un servicio sanitario prácticamente inexistente en muchas comunidades. Esto se agrava con un también prácticamente inexistente acceso al suministro eléctrico que facilite tanto la prestación de estos servicios como el disponer de iluminación por las noches, así como de aparatos eléctricos que faciliten el día a día de sus habitantes.

Partiendo de esto, el fin principal del proyecto es el de facilitar el acceso de esta comunidad a un suministro eléctrico relativamente constante y fiable, no teniendo que depender de un sistema nacional caracterizado por sus deficiencias tanto en cobertura de la demanda como en transporte y distribución. Esto se hará mediante el diseño de un suministro energético propio basado en energía fotovoltaica, capaz de abastecer a la clínica de asistencia médica básica y aprovechando los excedentes derivándolos a los núcleos de población más cercanos.

Partiendo del diseño ya realizado también en colaboración con la ONG Child Future África de la Clínica de Asistencia médica básica, se diseñará la instalación necesaria para abastecerla energéticamente de modo que pueda cumplir su función de ofrecer una asistencia médica de calidad en la medida de lo posible. Partiendo de esta se perseguirán otros fines secundarios que permitan maximizar el nivel de sostenibilidad del proyecto:

- Plan de formación en la escuela de formación profesional de Mount Darwin, para formar a algunos individuos de la comunidad en las labores de mantenimiento de la

instalación. Esto permitirá un mayor grado de independencia por parte de la comunidad para poder operar y realizar las labores de mantenimiento oportunas en la instalación.

- Replicabilidad del proyecto en otras comunidades.
- Desarrollo de plan de negocio enfocado a la obtención de beneficios de los excedentes energéticos, con el fin de costear las labores de mantenimiento y posibles ampliaciones de la instalación.

2.2 PUNTO DE PARTIDA

Como ya se ha mencionado, el diseño de este proyecto se llevará a cabo aprovechando la infraestructura diseñada en el proyecto realizado en 2020 también en colaboración con Child Future África, “Edificio sostenible para consultas de asistencia médica básica en Zimbabue”. El objetivo es el diseño la instalación de baja tensión de esta clínica, así como de una instalación fotovoltaica que se dimensionará para abastecer el consumo energético de la misma.

A la hora de llevar a cabo el diseño de la clínica se tuvo en cuenta la posibilidad de instalar en un futuro paneles fotovoltaicos sobre la cubierta, de modo que tanto la orientación de esta cubierta como el dimensionado de la misma se hizo contando con esta posibilidad. A pesar de esto, al no tener los parámetros exactos de esta instalación en ese momento, se realizarán las comprobaciones pertinentes, añadiendo estructuras de reorientación u otras sobre suelo en vez de sobre cubierta, en caso de ser necesario. La cubierta de la clínica, que presenta una inclinación de 10° tiene orientación norte ya que según se puede observar en la Figura 7 es la que mayor incidencia recibe de los rayos solares, al estar situada en el hemisferio sur.^[12]

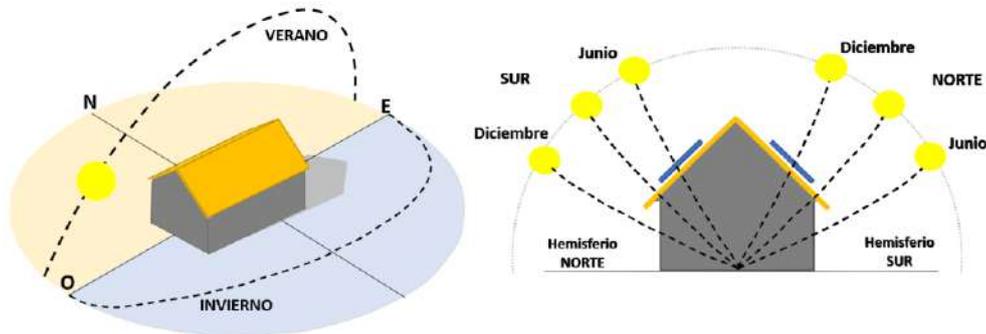


Figura 7. Trayectorias solares según la localización

2.3 ILUMINACIÓN DE LA CLÍNICA

Teniendo en cuenta la función que va a tener la clínica y el tipo de labores que se van a realizar en ella se tendrá especial cuidado a la hora de diseñar su iluminación de modo que se dé una situación idónea para que los sanitarios que trabajen en ella puedan desempeñar su labor con comodidad y de la mejor manera posible.

Para diseñar la iluminación de la clínica se tendrá en cuenta tanto las dimensiones como el uso para el que están destinadas cada una de las estancias. Considerando que la fachada más baja del edificio tiene una altura de dos metros y medio, se considerará esta altura desde el alumbrado hasta el suelo.

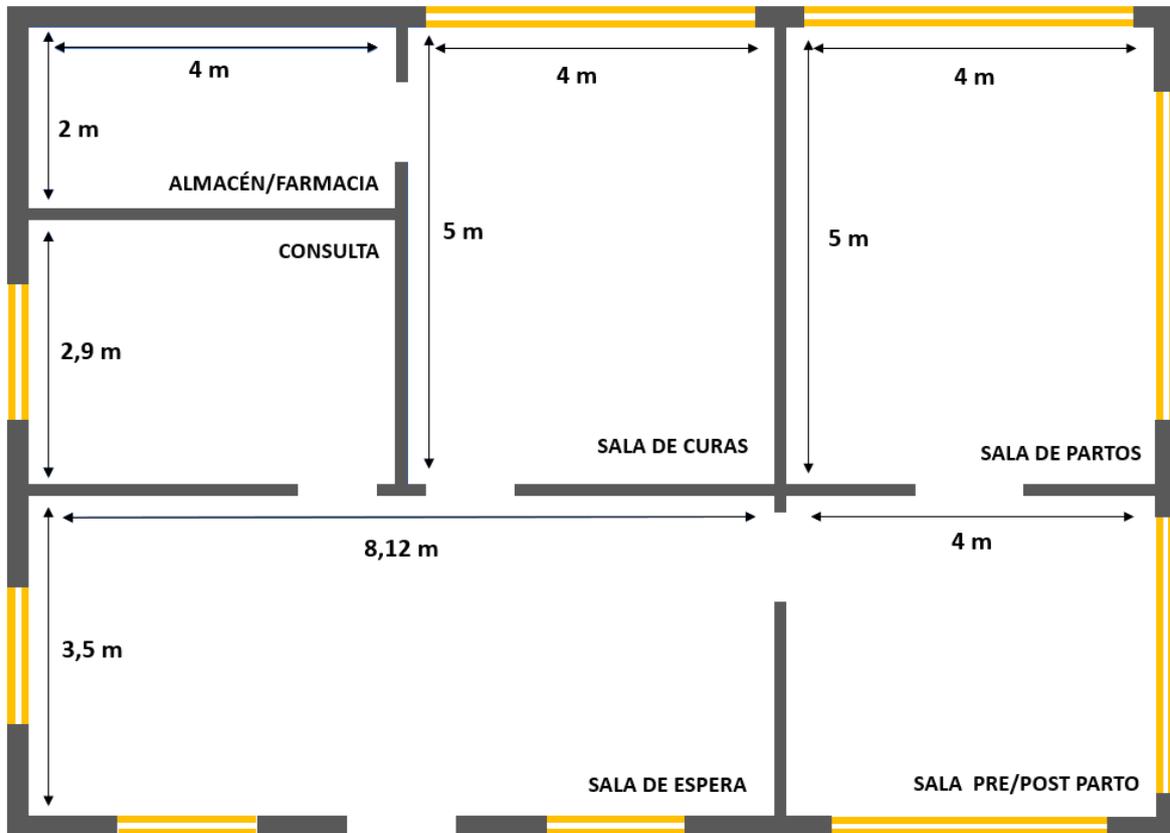


Figura 8. Planta de la clínica

Para la iluminación de estos centros de trabajo se considerarán los parámetros de nivel de iluminación (lux), deslumbramiento (URG) y equilibrio de luminancia, con el fin de reducir al máximo la fatiga maximizando el rendimiento en el trabajo.

Los requisitos que debe cumplir la iluminación se basan en la búsqueda de:

- Confort visual; para que los sanitarios tengan una sensación de bienestar que les permita desempeñar mejor su labor.
- Prestaciones visuales; ya que se tendrán que realizar actividades que precisan de atención visual durante largos periodos de tiempo en circunstancias difíciles.
- Seguridad.

La iluminancia requerida (E_r) por cada una de las estancias viene definida por la Norma Europea para la Iluminación en Interiores, en particular en el apartado específico para establecimiento sanitario (UNE 12464.1).

Tipo de Establecimiento Sanitario	E_r [lux]
Salas de espera, personal y pasillos	200
Salas de examen (examen y tratamiento)	1000
Salas de operación	1000
Salas de preparatorias y de recuperación	500
Alumbrado general (Almacén/Farmacia)	200

Tabla 1. Iluminancias requeridas según UNE 12464.1

En primer lugar, seleccionaremos para la instalación un tipo de luminarias con unas características estándar contando con que lo más probable es que no se pueda disponer de este modelo específico, pero si se podrá encontrar algún proveedor local que pueda suministrar otras de características muy similares. La luminaria seleccionada para las zonas cuyos requerimientos lumínicos son menos específicos será la **CoreLine Waterproof WT120C L1200 1xLED22S/840**, con un flujo luminoso de unos 2.900 lm, mientras que para las salas de curas y partos además de para la consulta, será el modelo **Liderlux LD-60102**, con un flujo de 6.556 lm. La ficha técnica de las luminarias seleccionadas se adjunta en el Anexo II.

Los cálculos específicos llevados a cabo para el dimensionado de la instalación de iluminación se recogen en el Capítulo 3. Cálculos, de este documento. Debemos considerar que la iluminación supondrá una parte importante del consumo, entre un 15 y un 20 %, más aún si tenemos en cuenta las prestaciones particulares que deberán tener las mismas al tratarse de una clínica médica, por lo que será interesante optimizar en la medida de lo

posible con luminarias lo más eficientes posible, esos si dentro de lo posible ya que se dependerá de los proveedores locales.

2.4 DIMENSIONADO DE CARGAS

Posteriormente al diseño de las luminarias se considerará el resto de equipamiento y cargas que determinarán la energía de la que precisará la clínica y que por tanto condicionarán su instalación eléctrica. Para esto se deberán tener en cuenta cuales son los equipos básicos con los que tendrá que contar la clínica para poder prestar los servicios mínimos para la que fue diseñada. Los equipamientos médicos básicos que precisan de alimentación eléctrica y con los que se deberá contar en la clínica son los siguientes:

- Monitor de signos vitales: estos cardiomonitores son equipos imprescindibles para monitorizar las constantes vitales de los pacientes.
- Máquina de electrocardiograma: necesario para poder detectar y monitorizar cualquier posible afección cardiaca.
- Respirador artificial.
- Desfibrilador: equipo médico indispensable necesario para situaciones límite en caso de para cardiaca, o para estabilizar la frecuencia cardiaca.

Estos son a grandes rasgos algunos de los equipos imprescindibles para la clínica, teniendo en cuenta la situación de esta, aunque en la medida de lo posible se intentará disponer de equipamiento más especializado, con el fin de que se puedan llevar a cabo cuidados e intervenciones de una mayor complejidad. Algunos otros equipos que permitirían ofrecer a la población un servicio médico de mayor calidad serían, por ejemplo, equipamiento de diagnóstico mediante ultrasonido, como un ecógrafo, o cámaras de esterilización que permitan una preparación más exhaustiva de instrumental con un mayor grado de higiene.

2.5 *INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA*

Como ya se ha mencionado antes, debido al elevado nivel de aislamiento de la comunidad no tiene acceso a la electricidad o este es muy limitado y de escasa fiabilidad, de modo que se precisa de una fuente de energía alternativa que permita en la medida de lo posible asegurar un suministro energético para la clínica. Para esto se ha optado por una instalación fotovoltaica, ya que debido a las características climáticas y de irradiación solar es la mejor alternativa para garantizar una generación considerablemente elevada a un menor coste.

Instalación Off-Grid

La visión global de la instalación que se quiere llevar a cabo con el fin de alimentar energéticamente tanto la clínica como en la medida de lo posible algunas viviendas de alrededor se basa en una instalación fotovoltaica aislada, que con la ayuda de baterías de soporte abastecerá a la clínica eléctricamente.

Al tratarse de una instalación Off-Grid, y por lo tanto no contar con conexión a la red eléctrica, la instalación deberá estar optimizada todo lo posible para mediante la optimización del consumo de energía y el almacenamiento de esta en momentos de exceso, ofrecer un suministro lo más constante y fiable posible.

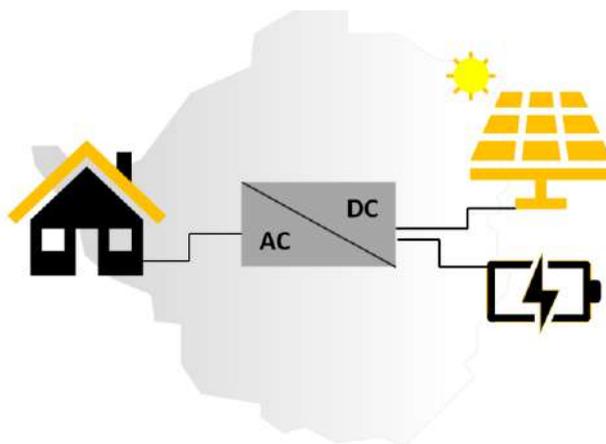


Figura 9. Esquema básico instalación fotovoltaica Off-Grid

Se plantearán diferentes alternativas de optimización de la instalación, aunque la idea principal será, puesto que los consumos diurnos serán menores al contar con luz natural, aprovechar para maximizar la carga de las baterías para utilizar la energía almacenada durante la noche, cuando la producción es nula.

Módulos FV

Se conectarán los módulos seleccionados en serie y paralelo con el fin de cumplir con los puntos óptimos de tensión y potencia del inversor al que se conecten. Estos paneles se instalarán sobre la cubierta montados en unas estructuras que los orienten con una inclinación aproximada de 21° respecto a la oriental, inclinación óptima para esta localización según la información obtenida del Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

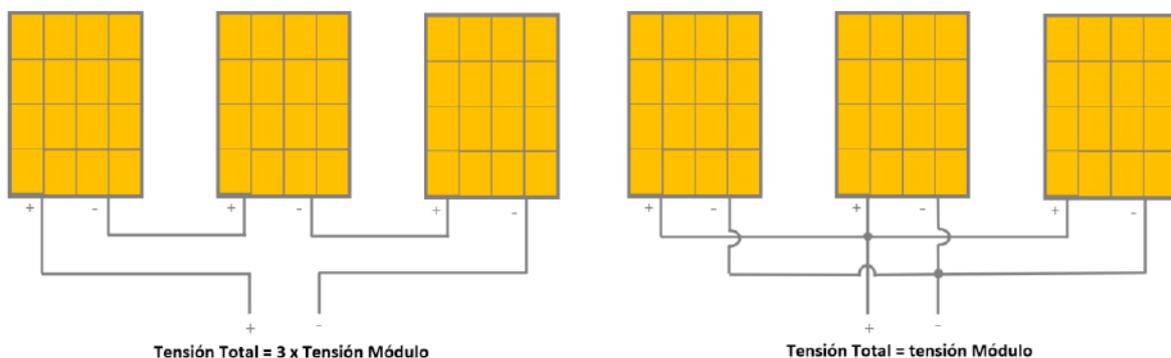


Figura 10. Disposición de módulos FV en serie (Izq.) y paralelo (Dcha.)

La estructura de soporte se encargará de asegurar el correcto anclaje de los módulos a la cubierta además de orientarlos haciendo que tengan la inclinación óptima para maximizar la generación de energía. La perfilería estará hecha de acero inoxidable galvanizado que garantice su resistencia y larga durabilidad a la intemperie.

Batería / Acumulador

Uno de los principales inconvenientes de la energía fotovoltaica es su elevada variabilidad a merced de las condiciones climáticas, ocasionando constantemente excesos o defectos de generación en relación con la demanda, lo que afecta negativamente a la disposición de la energía. En este caso dicho efecto es mayor, ya que la energía se producirá durante las horas de sol y uno de los mayores consumos que es el de iluminación tendrá lugar durante las horas nocturnas.

La forma de solucionar este problema es mediante la utilización de acumuladores o baterías, permitiendo almacenar esta energía para que no se desperdicie y pueda consumirse en los momentos en que se necesite. Los fines principales con la utilización de baterías en esta instalación fotovoltaica son:

- Garantizar a la instalación de un suministro eléctrico flexible y no dependiente de la radiación solar existente en cada momento.
- Hacer que la instalación cuente con autonomía de servicio.
- Permitir al sistema fotovoltaico suministrar puntas de energía en momentos críticos superiores a la capacidad máxima de los módulos.
- Garantizar en el sistema valores de tensión más estables para los elementos de consumo.

La capacidad de generar corriente eléctrica y de acumular energía por parte de las baterías viene determinado por dos parámetros, Velocidad de carga y descarga y la Profundidad de carga. Esta última mide la cantidad de carga eléctrica que cabe en la batería en cada carga y a mayor profundidad menor será la vida útil de la batería, por lo que es recomendable no descargarla más de un 50 %.

Inversor

La corriente producida por los módulos fotovoltaicos es de naturaleza continua (DC), pero la gran mayoría de consumos trabajan en alterna, por lo que se precisa de un elemento

capaz de convertir la energía producida de continua a alterna. Esta es la misión del inversor siendo por tanto el elemento de transmisión entre la generación y los consumos.

Sistema de monitorización

Para tener la posibilidad de mantener, ajustar y supervisar el correcto funcionamiento de la instalación, según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDEA, será conveniente la monitorización en la medida de lo posible de las siguientes variables:

- Tensión y corriente CC del generador
- Potencia CC consumida, incluyendo el consumo en CC del inversor.
- Potencia CA consumida si la hubiere.
- Radiación solar en el plano de los módulos.
- Temperatura ambiente en la sombra

Generador eléctrico de apoyo solar

Con la intención de asegurar el suministro eléctrico por todos los medios posibles en la clínica se intentará disponer de un grupo electrógeno alimentado por algún combustible fósil del que se pueda disponer, y sirva de respaldo a la instalación fotovoltaica en caso de que esta tenga alguna avería o por causas meteorológicas la generación sea insuficiente.

2.6 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

Posteriormente al diseño de la instalación fotovoltaica se llevará a cabo también el de la instalación de baja tensión de la clínica, considerando la derivación de posibles excedentes hacia menores consumos en las viviendas más próximas a la clínica. No se llevará a cabo en este proyecto el diseño de las instalaciones interiores o receptoras de estas viviendas, pero si la instalación de enlace que cumplirá la función de derivación de parte de la energía.

Para la instalación de enlace se seguirá lo indicado en los ITC-BT-12, 13 y 14 con el fin de poder gestionar y monitorizar estas derivaciones y sus consumos, mientras que para el caso de las instalaciones interiores en este caso solo referidas a la clínica se seguirá lo expuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Será esta la regulación a seguir ante el desconocimiento de la regulación propia del país en cuestión.

Instalación de enlace

En una instalación habitual iría desde el final de la acometida hasta los dispositivos generales de mando y protección de cada uno de las viviendas o locales. En este caso, debido a las características particulares de la instalación y el cometido de estas se instalará una caja de derivación en la línea que alimentará la clínica, y se realizará una derivación individual a la que se dará alimentación puntualmente en situación de excedentes mediante un interruptor.

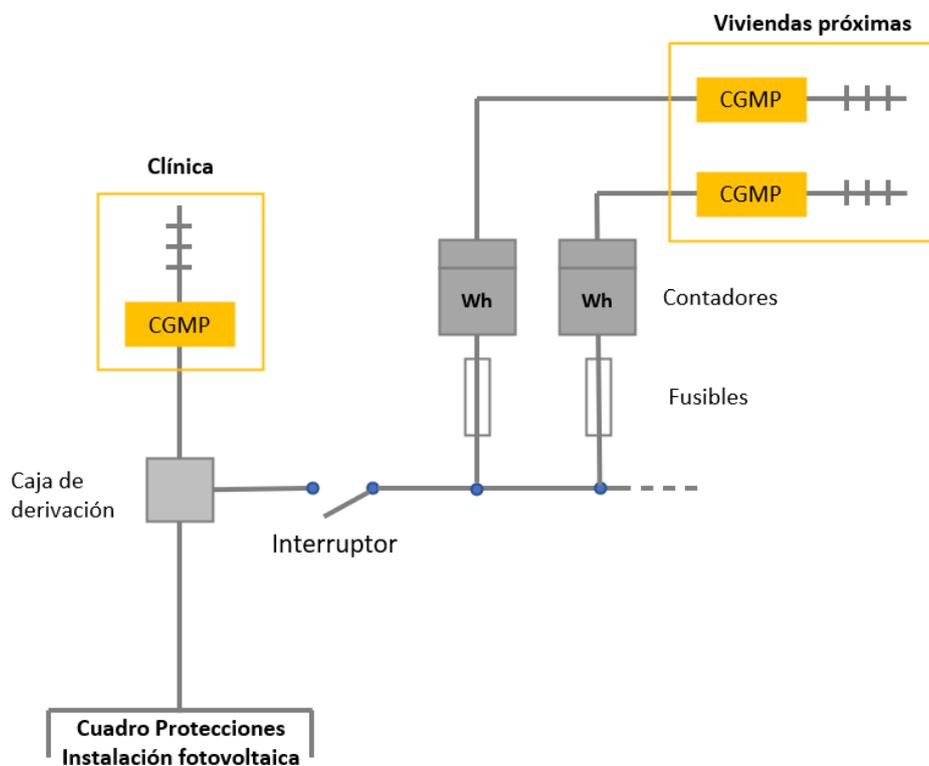


Figura 11. Esquema Instalación de enlace

La derivación de estos excedentes contará con uno o varios medidores de energía, en función de la disposición para monitorizar y controlar el consumo cedido con el fin de comercializarlo si así se dispusiera.

Tras el paso por estos medidores se encontrará el cuadro o cuadros de mando y protección de las viviendas. Como ya se ha mencionado, el diseño de la instalación propia de las viviendas no se incluye en el alcance de este proyecto, pero las bases del diseño serán las mismas que en el caso de la clínica adaptándolas a sus consumos.

Instalación interior

En el caso de la clínica, el alcance del proyecto si englobará el diseño de la instalación interior con un grado de electrificación básico pero con un número de circuitos reducido con respecto a lo marcado en el REBT para una vivienda, priorizando únicamente la instalación de tres circuitos principales, uno de ellos destinado a la iluminación, un segundo circuito destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico, donde se conectarán los equipamientos médicos y ventiladores/calefactores necesarios, y por último un circuito de distribución interna destinado a alimentar un termo eléctrico que suministre agua caliente a la clínica.

Respecto a las protecciones que encontraremos en el cuadro general de mando y protección serán, un Interruptor general Automático (IGA) con accionamiento manual que protegerá la totalidad de la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos, y un interruptor diferencial que garantice la protección frente contactos indirectos. Además, cada uno de los circuitos independientes contará con un interruptor automático con accionamiento manual, según lo indicado en el ITC-BT-25 de Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

Se llevará también a cabo el diseño de la instalación de cableado interior de la clínica, de los tres circuitos destinados a iluminación, tomas de corriente y el termo eléctrico según el REBT.

Capítulo 3. CÁLCULOS

3.1 ILUMINACIÓN

Las luminarias seleccionadas son los modelos **CoreLine Waterproof WT120C L1200 1xLED22S/840** y **Liderlux LD-6102**, cuyas fichas técnicas se encuentran adjuntas en el Anexo II. Siguiendo las iluminancias requeridas para cada una de las estancias de la clínica, recogidas en la Tabla 1, según la norma UNE 12464.1, se ha calculado la disposición de luminarias utilizando el **Método de los lúmenes**, descrito a continuación:

1 - Cálculo de índice del local (k)

$$K = \frac{a \cdot b}{(a + b) \cdot h}$$

Donde:

a – Ancho de la estancia

b – Largo de la estancia

h – distancia vertical entre superficie de trabajo y luminaria

Se considera que la luminaria está situada al nivel del techo, a unos 2,5 m del suelo.

En cuanto a la superficie de trabajo, se considera a una altura de:

- **0,95 m** en el caso de las salas de curas y partos. (altura media camilla quirúrgica)

2 – Obtención del factor de utilización

El factor de utilización se obtiene partiendo del índice del local (k) y a través de las tablas facilitadas por el fabricante en la ficha técnica de la luminaria, considerando los siguientes coeficientes de reflexión.

- Coef. de reflexión **techo = 0,7**
- Coef. de reflexión **paredes = 0,5**
- Coef. de reflexión **suelo = 0,2**

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.48	0.46	0.47	0.46	0.45	0.38	0.37	0.32	0.36	0.32	0.30
0.80	0.59	0.55	0.58	0.56	0.55	0.47	0.46	0.41	0.45	0.41	0.38
1.00	0.68	0.63	0.66	0.64	0.62	0.55	0.54	0.49	0.53	0.48	0.46
1.25	0.77	0.70	0.75	0.72	0.69	0.62	0.61	0.56	0.60	0.56	0.53
1.50	0.83	0.75	0.81	0.77	0.74	0.68	0.67	0.62	0.65	0.61	0.58
2.00	0.93	0.83	0.90	0.86	0.82	0.76	0.75	0.71	0.73	0.70	0.67
2.50	0.99	0.88	0.96	0.91	0.86	0.82	0.80	0.76	0.78	0.75	0.72
3.00	1.04	0.91	1.01	0.95	0.90	0.85	0.83	0.80	0.82	0.79	0.76
4.00	1.10	0.95	1.06	0.99	0.93	0.90	0.88	0.85	0.86	0.84	0.80
5.00	1.13	0.97	1.09	1.02	0.96	0.93	0.91	0.88	0.88	0.86	0.83

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.58	0.56	0.57	0.56	0.55	0.50	0.50	0.46	0.50	0.46	0.45
0.80	0.68	0.65	0.67	0.66	0.65	0.59	0.59	0.55	0.59	0.55	0.54
1.00	0.76	0.72	0.75	0.73	0.72	0.67	0.66	0.63	0.66	0.63	0.61
1.25	0.84	0.79	0.83	0.80	0.78	0.73	0.73	0.70	0.73	0.69	0.68
1.50	0.89	0.83	0.88	0.85	0.83	0.78	0.78	0.75	0.77	0.74	0.73
2.00	0.98	0.90	0.96	0.93	0.89	0.85	0.85	0.82	0.84	0.81	0.80
2.50	1.04	0.94	1.02	0.97	0.93	0.90	0.89	0.87	0.88	0.86	0.84
3.00	1.08	0.96	1.05	1.00	0.96	0.93	0.92	0.90	0.91	0.89	0.87
4.00	1.13	0.99	1.10	1.04	0.98	0.96	0.95	0.93	0.94	0.92	0.90
5.00	1.16	1.01	1.13	1.06	1.00	0.98	0.97	0.95	0.95	0.94	0.92

Tabla 2. Coeficientes de reflexión, luminaria CoreLine Waterproof Wt120C (arriba) y LiderluxLD-60102 (abajo)

3 – Cálculo del Flujo luminoso total (Φ_T)

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

Donde:

E – Iluminancia media buscada

S – Superficie total de la estancia

η – Factor de utilización

f_m – Factor de mantenimiento (0,8 sucio, 0,6 limpio)

4 – Cálculo del número de luminarias necesario

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

5 – Cálculo del Valor de Eficiencia Energética en Iluminación

$$VEEI = \frac{P \cdot 1000}{S \cdot E_m} \quad \text{Donde: } E_m = \frac{n \cdot \phi_L \cdot C_u \cdot f_m}{S}$$

Al no disponer en caso de que esta exista de la regulación pertinente en materia de eficiencia energética en el país, se seguirá el CTE DB HE3 que define los valores límite de eficiencia energética en iluminación (VEEI).

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
Habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
Zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0

Tabla 3. Tabla parcial de valores límite de VEEI (CTE DB HE3)

Estancia	Largo (m)	Ancho (m)	k	Factor utilización	Flujo Total	N	VEEI	Modelo luminaria
Almacén/Farmacia	2	4	0,8	0,564	3546,1	1	1,83	CoreLine Waterproof
Consulta	2,9	4	1	0,745	19447,4	3	1,42	Liderlux LD-60102
Sala de espera	3,5	8,12	1,5	1,766	4023,2	2	0,59	CoreLine Waterproof
Sala pre/post parto	3,5	4	1,1	0,7746	11296,1	2	1,37	Liderlux LD-60102
Sala de curas	5	4	1,4	0,846	29550,8	4	1,25	Liderlux LD-60102
Sala de partos	5	4	1,4	0,846	29550,8	4	1,25	Liderlux LD-60102

Tabla 4. Resultados del dimensionado de luminarias de la clínica

Para la distribución de las luminarias en aquellas estancias en las que se instale más de una, teniendo en cuenta que están situada a una altura de 2,5m, se utilizará el criterio de Distancia entre luminarias $\leq 1,6$ h. La situación de cada luminaria se detalla en los planos adjuntos en este documento.

3.2 PREVISIÓN DE CARGAS

Se deben conocer las necesidades de consumo de la clínica, ya que serán estas las que determinen la magnitud y el tipo de instalación que tendrá que llevarse a cabo. Los consumos pueden dividirse en dos apartados principales, distinguiendo entre iluminación y el resto de los aparatos eléctricos que mayoritariamente estarán conectados a tomas de fuerza.

Iluminación

Las luminarias que han sido dimensionadas en el punto anterior corresponden a los consumos mostrados en la Tabla 5. Se priorizará la utilización de bombillas led en vez de incandescentes, al tener las primeras un consumo diez veces menor y reduciendo por lo tanto el consumo general de la instalación.

Estancia	Modelo luminaria	Número de luminarias	Consumo total (W)
Almacén/Farmacia	CoreLine Waterproof	1	24
Consulta	Liderlux LD-60102	3	166,8
Sala de espera	CoreLine Waterproof	2	48
Sala pre/post parto	Liderlux LD-60102	2	111,2
Sala de curas	Liderlux LD-60102	4	222,4
Sala de partos	Liderlux LD-60102	4	222,4

Tabla 5. Desglose del consumo por iluminación

Se trataría de una potencia instalada en iluminación de unos **795 W**.

Demás equipos

El resto de equipamiento que no formando parte del sistema de iluminación requieren de un consumo eléctrico para su funcionamiento.

- Frigorífico. Se trata de un electrodoméstico tanto en una vivienda, como en un edificio de asistencia médica donde es necesario almacenar algunos medicamentos refrigerados. Estaríamos hablando de una potencia estimada de entre 250 W y 350 W.
- Aire acondicionado/ventiladores/Calefactores. Teniendo en cuenta el elevado consumo de las instalaciones de climatización, se debería optar en un primer momento por el uso de ventiladores o calefactores de bajo consumo. La potencia aproximada de un ventilador para habitaciones de tamaño mediano oscilará aproximadamente entre los 50 y 60 W. Puesto que el consumo de los calefactores es inferior, con una potencia aproximada de 800 W y al no irse a usar al mismo tiempo, sino alternativamente en función del clima, se dimensionará para el de mayor consumo.
- Respirador artificial. Equipamiento indispensable en una clínica, cuya potencia consumida oscilará entre los 100 W y 180 W.
- Otros. Pese a los consumos estimados anteriormente se tendrá que suponer unos consumos mayores, ya que además de otros consumos eléctricos no tenido en cuenta, se dispondrá de baterías de considerable capacidad cuya carga se priorizará generalmente con el fin de asegurar un suministro nocturno.

Viviendas colindantes

Como se ha mencionado anteriormente el diseño de la instalación fotovoltaica se realizará contando con haya excedentes de la clínica, con el fin de abastecer energéticamente en la medida de lo posible algunos de los pequeños grupos de viviendas localizados en las proximidades de esta. Debido a que no se conoce con exactitud la disposición y cantidad de estas viviendas, se dimensionará la instalación suponiendo tres pequeños núcleos de viviendas, cada uno de ellos constituidos por unas tres familias.

Estos excedentes se supondrán para unos consumos muy básicos debido al extremadamente limitado acceso a la gran mayoría de electrodomésticos en estas zonas rurales y suponiendo únicamente algo de iluminación y la posibilidad de algunos enchufes para hornillos eléctricos, ventiladores de bajo consumo o la carga de teléfonos móviles.

Respecto al hornillo eléctrico, se trata de un electrodoméstico de alto consumo, ya que aun considerando uno de bajo consumo se estaría hablando de en torno a los 1.200 W. En lo que se refiere a iluminación, se estaría hablando únicamente de algunas bombillas LED de bajo consumo que permitan disponer de algo de iluminación por las noches, de modo que al tener un uso tan genérico no se dimensionarán estas luminarias como se ha hecho con las de la clínica.

Una vez especificados los consumos y conocidas, aunque de forma aproximada las potencias de estos, se lleva a cabo la estimación del uso diario de los mismos, considerando el peor escenario para asegurar en la medida de lo posible poder abastecer la demanda diaria.

Para consumos muy pequeños se podría plantear la alimentación del sistema en corriente continua, ahorrando el coste de un inversor DC/AC para la instalación, pero puesto que se va a precisar de equipamiento específico con consumos mayores y para tener una instalación preparada para una futura conexión a la red eléctrica, se optará por la corriente alterna a pesar de que esta suponga mayores pérdidas.

Para el cálculo del consumo teórico diario se necesitará el rendimiento de cada uno de los aparatos que dependerá de su eficiencia energética. Puesto que este es un dato que desconocemos, ya que no se conocen cuáles serán los electrodomésticos y equipamientos específicos de los que se dispondrá, vamos a suponer unos aparatos con un buen grado de eficiencia energética, estando los rendimientos entre un 85% y un 95%. El cálculo del consumo teórico diario se realizará mediante la siguiente expresión.

$$(Consumo\ teórico\ diario)\ C_{TD} = \frac{N^{\circ} \cdot P \cdot n^{\circ} \text{ horas al día}}{Rdto.}$$

Descripción	Unidades	Pot. (W/Ud)	Horas diarias	AC/DC	Tensión (V)	Rdto. (%)	CTD (Wh/día)
Clínica							
LUM. Sala espera	2	24	10	AC	230	90	533,3
LUM. Consulta	3	55,6	10	AC	230	90	1853,3
LUM. Farmacia	1	24	10	AC	230	90	266,7
LUM. Sala curas	4	55,6	10	AC	230	90	2471,1
LUM. Sala partos	4	55,6	10	AC	230	90	2471,1
LUM. Pre/post parto	2	55,6	10	AC	230	90	1235,5
Frigorífico	1	300	24	AC	230	90	8000
Termo eléctrico 50 litros	1	1500	1,7	AC	230	90	2250
Ventiladores/Calefactores	4	800	2	AC	230	90	14222,2
Respirador artificial	2	170	24	AC	230	90	9066,7
Monitor Constantes	1	70	6	AC	230	90	466,7
Otros consumos	5	300	3	AC	230	90	5000
Viviendas próximas							
Iluminación	10	8	4	AC	230	90	355,6
Hornillos eléctricos	3	1200	1	AC	230	90	4000
Otros consumos	5	300	2	AC	230	90	3333,3
							53,4
TOTAL							KWh/día

Tabla 6. Estimación de consumo diario

La ventaja de haber considerado el consumo de las viviendas próximas en la estimación de consumo es asegurar el suministro energético de la clínica, limitando dicho suministro a estas viviendas en caso de que se dé un pico de demanda en la clínica y por tanto priorizando esta última.

3.3 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Partiendo de la estimación realizada del consumo diario se procede a dimensionar y diseñar la instalación de generación fotovoltaica destinada a abastecer dicha demanda, apoyándonos tanto en softwares de diseño fotovoltaico como de datos relativos a la radiación solar histórico en la región.

3.3.1 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN

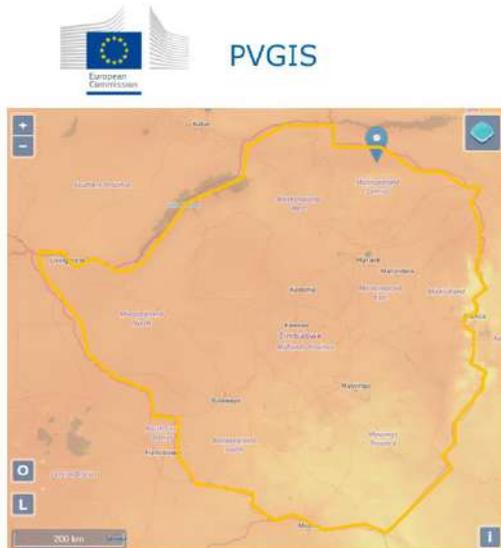
En primer lugar, teniendo en cuenta las dimensiones de la cubierta de la clínica, se calcula la capacidad máxima que se puede instalar, para determinar si es suficiente para el consumo estimado o se tendrán que incorporar más paneles fuera de esta cubierta. La capacidad máxima instalable se calculará de la siguiente manera, considerando una eficiencia del 15%:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad} &= 1000 \frac{W}{m^2} \cdot \eta \cdot \text{Superficie (m}^2\text{)} \\ &= 1000 \cdot 0.15 \cdot (12,7 \cdot 11,1) = \mathbf{21,1 KW} \end{aligned}$$

Seguidamente se calculará la capacidad de la instalación de la que se precisa, para teniendo en cuenta las condiciones de radiación solar de la región, esta sea capaz de cubrir en consumo estimado, calculado en el apartado anterior.

Para determinar la potencia instalada a partir del consumo diario, necesitaremos el valor de un parámetro llamado Hora Solar Pico (HSP). Para entenderlo mejor, partiremos de que la energía transmitida por el sol en su punto máximo es de unos 1000 W/m², pero como es lógico la energía irradiada por el sol varía en un mismo punto a lo largo del día y de la época del año. De modo que las HSP de un día, indican cuantas horas debería estar el sol transmitiendo en su máximo para transmitir la energía de ese día.

Para calcular las HSP en la región partimos de la base de datos de irradiación solar en la zona, desde 2005 hasta 2020 desglosada por meses, para que la estimación sea lo más fiable posible. Dicha base de datos se ha obtenido de la herramienta de la comisión europea, PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).



Mes	Irradiancia (kWh/m ²)	Días mes	HSP
Enero	165,32	31	5,33
Febrero	166,78	28	5,96
Marzo	190,65	31	6,15
Abril	191,79	30	6,39
Mayo	198,63	31	6,41
Junio	182,71	30	6,09
Julio	190,76	31	6,15
Agosto	211,86	31	6,83
Septiembre	216,49	30	7,02
Octubre	218,02	31	7,03
Noviembre	185,81	30	6,19
Diciembre	169,89	31	5,48

Tabla 7. Valores de Irradiancia solar en Dotito (PVGIS)

A la hora de dimensionar la instalación, se hace para el mes con un menor valor de HSP diarias, ya que este será el mes con menor transmisión de energía solar y por tanto el crítico, asegurando así estadísticamente que tanto este como el resto de los meses se cubra el consumo de energía estimado. El mes que deja una menor incidencia solar en la región es enero, un valor de Horas Solar Pico diarias de 5,33, valor que utilizaremos para dimensionar la instalación.

$$Capacidad (kW) = \frac{Consumo\ estimado\ diario\ \left(\frac{kWh}{día}\right)}{HSP\ mín.} = \frac{53,4}{5,33} = 10,02\ kW$$

Se llega por tanto a la conclusión de que teniendo en cuenta las situación y características de irradiancia solar de la región, se precisará de una instalación fotovoltaica con una capacidad de unos 10 kW, para abastecer energéticamente a la clínica en base al consumo diario estimado. Dicha capacidad no se verá limitada por el espacio disponible, ya que como hemos visto antes la cubierta tiene superficie suficiente para instalar unos 20 kW de fotovoltaica.

Cálculo de la capacidad del inversor

Esta capacidad de 10 kW ha sido calculada en corriente alterna, pero para dimensionar el inversor AC/DC necesitaremos dicha capacidad equivalente a los 10 kW en continua, para lo que dividiremos por una ratio de conversión siendo 1,2 el que se suele utilizar.

$$P_{inversor} = \frac{Capacidad}{Ratio} = \frac{10 kW}{1,2} = \mathbf{8,33 kW}$$

Con esto se dispone de una potencia por dónde empezar el diseño y a partir de aquí se probarán diferentes combinaciones en función de distintos factores.

3.3.2 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Para llevar a cabo el diseño de la instalación fotovoltaica se ha utilizado como apoyo la herramienta System Advisor Model (SAM). Dicho software ha permitido dimensionar módulos e inversor, realizando una simulación del funcionamiento de la instalación partiendo de la base de datos de irradiancia solar en la región de años anteriores, y teniendo también en cuenta las posibles pérdidas ocasionadas por el rendimiento de los equipos y posibles erratas cometidas en el proceso de dimensionado.

3.3.2.1 Selección del Inversor

La elección de inversor se hace partiendo de la potencia equivalente en alterna que hemos calculado. A pesar de correr el riesgo de clipping¹ por potencia en el inversor, se ha seleccionado un inversor con una potencia un poco inferior con el fin de reducir costes todo lo posible, ya que dicho consumo se ha dimensionado considerando también las viviendas próximas, pero siendo el consumo prioritario el de la clínica.

El modelo de inversor seleccionado es el: **Delta Electronics: E8-TL-US [240V]**, cuyas características y curvas de eficiencia son las mostradas en la Figura 12.

¹ Ajuste del valor de la tensión para que la potencia de salida se limite a la nominal del equipo, al alcanzar el inversor su máxima potencia nominal. Esto supone desaprovechamiento de energía fotovoltaica.

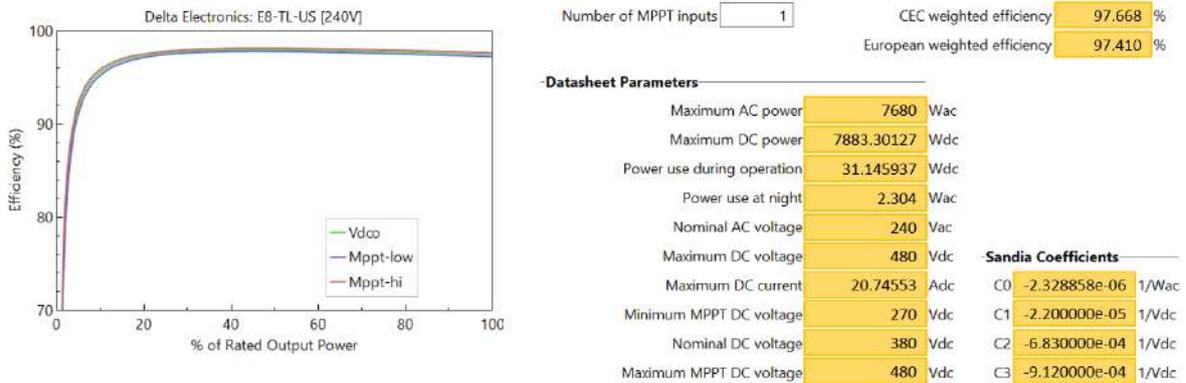


Figura 12. Características inversor DE: E8-TL-US [240V] (SAM)

Se adjunta la ficha técnica del modelo inversor utilizado en el Anexo II.

El inversor tiene un PLC integrado que será el que se configure con el logaritmo de carga y descarga de la batería, priorizando la carga de la batería al máximo en los momentos de excedentes para la clínica, para asegurar el suministro en los momentos de menor generación.

3.3.2.2 Selección de los módulos

Los módulos fotovoltaicos se han seleccionados teniendo en cuenta tanto su potencia nominal como su tensión de vacío que será la que determine la disposición de los módulos para que el inversor trabaje dentro de las tensiones límite del punto de potencia máxima (MPPT). Se ha seleccionado un módulo monofacial, ya que al no ser la cubierta de un material especialmente reflectante la variación en energía generada sería mínimo utilizando módulos bifaciales.

El modelo de módulos seleccionado es el: **Trina Solar TSM-320DD06H.05(ii)**, cuyas características y condiciones de referencia se muestran en la Figura 12. Se adjunta la ficha técnica del modelo inversor utilizado en el Anexo II.

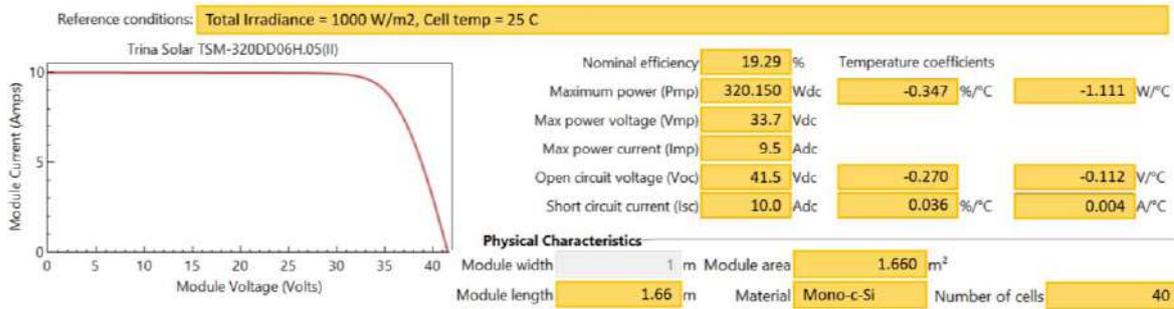


Figura 13. Características módulo TS: TSM-320DD06H.05 (ii) (SAM)

3.3.2.3 Disposición de los módulos

En primer lugar, tendremos que determinar el número necesario de módulos que serán necesarios para tener instalada la capacidad dimensionada.

$$N = \frac{\text{Capacidad total}}{\text{Pmp módulo}} = \frac{8,333}{0,32} = 26,1$$

Aunque mediante el cálculo se determinan unos 26 módulos, tras la realización de varias simulaciones se llega a la conclusión de que la mejor forma de maximizar la generación aproximándola más al consumo estimado es mediante la instalación de **27 módulos**.

Tras determinar el número de módulos, para configurar su disposición se determina cual es el número máximo y mínimo que pueden situarse en serie de modo que el inversor trabaje en la zona de potencia máxima. El número máximo y mínimo de módulos en serie para que esto se cumpla se calculará mediante la siguiente expresión.

$$\text{Número máx. módulos en serie} = \frac{\text{Máx. MPPT DC Voltage}}{\text{Voc (módulo)}} = \frac{480}{41,5} = 11,57$$

$$\text{Número mín. módulos en serie} = \frac{\text{Mín. MPPT DC Voltage}}{\text{Voc (módulo)}} = \frac{270}{41,5} = 6,51$$

Partiendo de los números obtenidos se ha decidido conectar eléctricamente los módulos en tres cadenas paralelas, cada una de ellas constituida por nueve módulos.

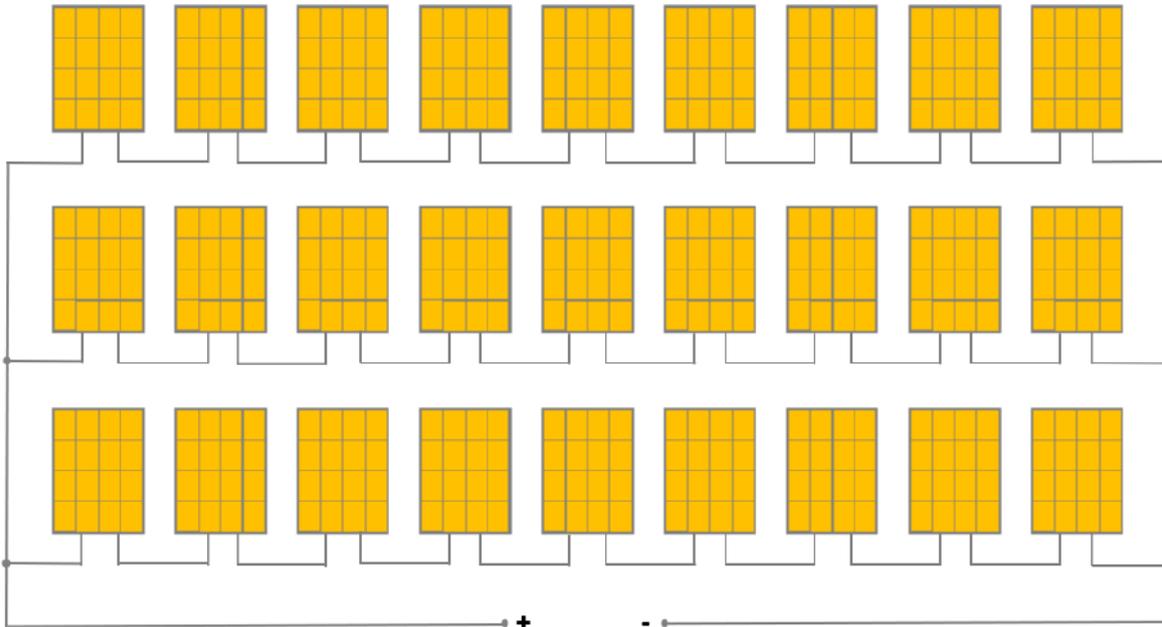


Figura 14. Croquis conexión eléctrica de los módulos

Respecto a la orientación, será norte al encontrarse en el hemisferio sur y se ha determinado mediante los datos obtenidos de PVGIS y a través de varias simulaciones en SAM que la inclinación que maximiza la generación de energía es de 21° respecto la horizontal. Esto se conseguirá como ya se ha mencionado mediante una estructura que fije los módulos a la cubierta con la inclinación determinada.

Electrical Configuration

(always enabled)

Modules per string in subarray:

Strings in parallel in subarray:

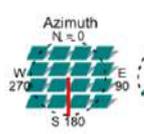
Number of modules in subarray:

String Voc at reference conditions (V):

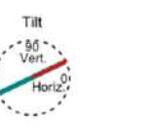
String Vmp at reference conditions (V):

Tracking & Orientation

Azimuth N = 0



Tilt



Fixed

1 Axis

2 Axis

Azimuth Axis

Seasonal Tilt

Tilt=latitude

Tilt (deg):

Azimuth (deg):

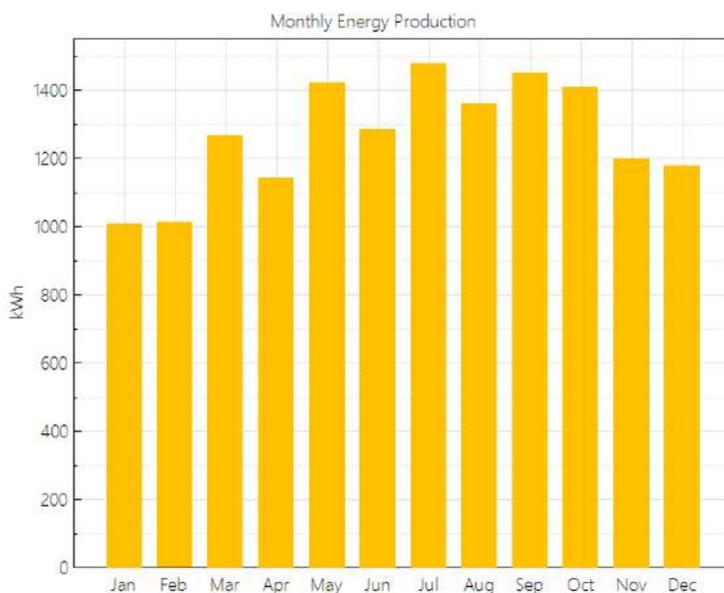
Figura 15. Configuración eléctrica y orientación de los módulos (SAM)

3.3.2.4 Resultados de la simulación (SAM)

El software utilizado nos ha permitido realizar una simulación del sistema en las condiciones de irradiancia históricas en la región en que se pretende llevar a cabo la instalación, lo que nos permite estimar con cierta fiabilidad cual será la generación esperada.

Según la simulación se estima una generación anual de unos 15.180 kWh, que se repartirá a lo largo de los doce meses del año según se muestra en la Figura 16. Como se puede apreciar, por lo general con la generación simulada se cubre el consumo estimado de todos los meses a excepción de enero, donde habría que reducir y evitar los consumos no imprescindibles con el fin de garantizar el suministro de aquellos consumos más prioritarios.

Hay que tener en cuenta que esta es una simulación basada en las condiciones climáticas y de irradiancia de años anteriores y que por tanto no garantiza estos mismos niveles de generación para años futuros pudiendo verse afectados por situaciones particulares de los años venideros.



Mes	Consumo estimado Clínica (kWh)
Enero	1139,3
Febrero	1029,0
Marzo	1139,3
Abril	1102,5
Mayo	1139,3
Junio	1102,5
Julio	1139,3
Agosto	1139,3
Septiembre	1102,5
Octubre	1139,3
Noviembre	1102,5
Diciembre	1139,3

Figura 16. Generación mensual según simulación (SAM) Tabla 8. Estimación del consumo mensual

Por otro lado, se puede observar que en la mayoría de los meses habría excedentes de energía una vez abastecida la clínica que serán utilizados para el abastecimiento de algunos consumos de los núcleos de viviendas cercanos como ya se ha comentado.

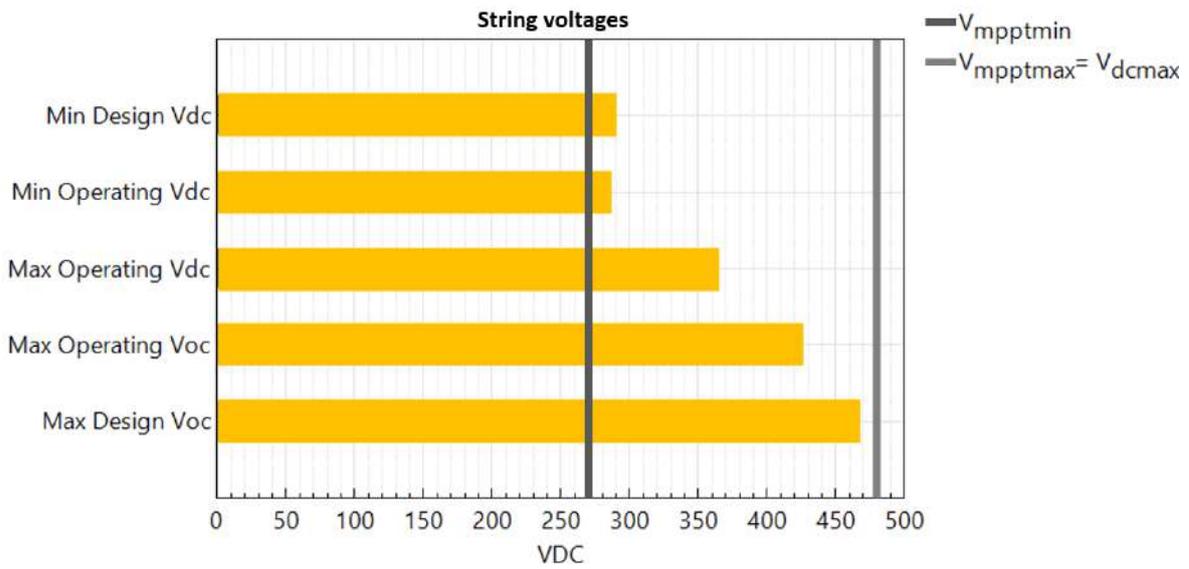
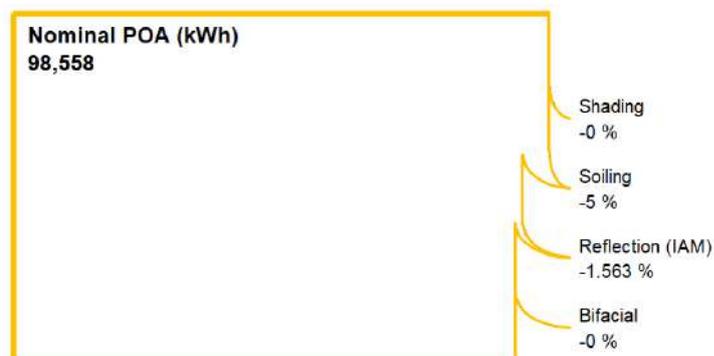


Figura 17. Tensiones de trabajo del sistema (SAM)

El sistema está en todo momento trabajando entre los voltajes máximo y mínimo de MPPT (Máximo Power Point Tracker) del inversor sin exceder dichos valores, lo que reducirá al mínimo el clipping por tensión en el inversor como podemos apreciar en el diagrama de flujos.



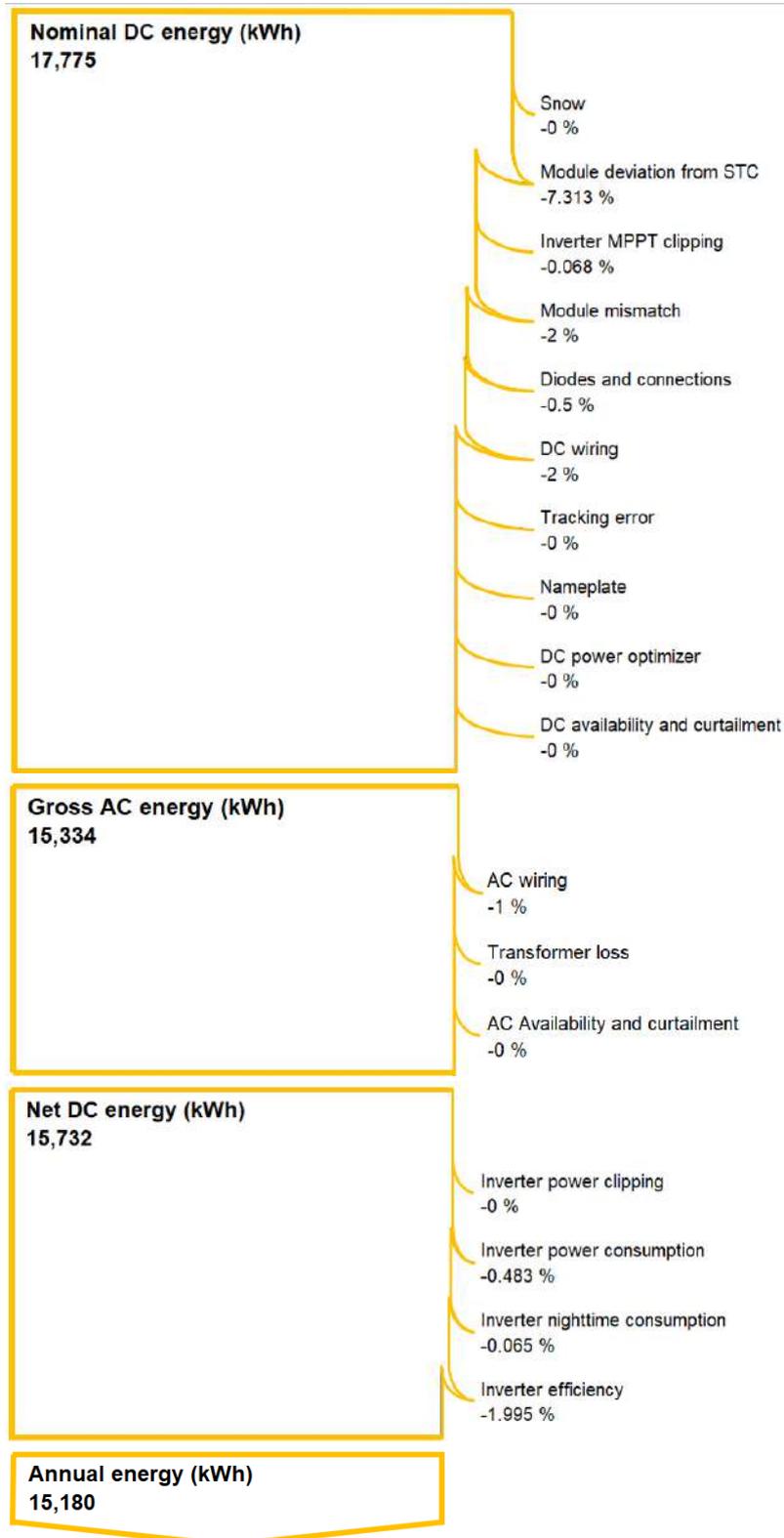


Figura 18. Diagrama de flujos del sistema fotovoltaico (SAM)

Algunas de las pérdidas del sistema están ocasionadas por motivos físicos como la suciedad en los módulos (-5 %) o la reflexión (-1,563 %), es decir la parte de la radiación solar reflejada en los paneles. Se deben considerar también las pérdidas derivadas de la variación entre las condiciones de trabajo de los módulos y las condiciones de prueba de los mismo, STC (-7,313).

Los mencionados anteriormente son los principales motivos de las pérdidas del sistema, pero tanto estas como las de menor magnitud que pueden verse en el diagrama son asumibles y no están derivadas de un diseño erróneo de la instalación.

3.3.2.5 Batería

Como ya se ha mencionado, una de las principales desventajas de un sistema fotovoltaico aislado es la dependencia total de una fuente energética muy variable e impredecible, que además solo genera esta energía durante una parte del día. Esto hace que se precise de un método de almacenamiento con cierta autonomía que permita al sistema disponer de energía en los momentos en que la generación es nula y almacenarla cuando la generación es superior al consumo, garantizando de este modo la continuidad y fiabilidad del sistema.

Se optará por la utilización de una batería de litio ya que, a pesar de tener un coste más elevado, tiene una principal ventaja frente al resto de tipos de baterías que es su capacidad de descarga en torno al 80%, pudiendo llegar casi al 100%. Además, otra ventaja a tener en cuenta de este tipo de baterías es su vida útil, superando la mayoría de las modelos los 6000 ciclos de descarga completa.^[20]

Para la instalación de una batería en una instalación fotovoltaica se precisa de un regulador, cuya función es la de proteger la batería alargando su vida útil al máximo y evitando su deterioro acelerado de la misma en el proceso de carga y descarga. El regulador se instala entre el campo fotovoltaico y la batería, controlando el tránsito de energía mediante el control de los parámetros de tensión e intensidad. En algunos modelos

de inversores como es el caso viene incorporado en el mismo, de modo que no se precisará de la elección y posterior instalación de este elemento.

El modelo de batería de litio seleccionado es el **ARK XH de Growatt**. Para estimar la capacidad de batería a instalar se considerará principalmente cuáles serán los consumos nocturnos estimados, siendo el más considerable el de iluminación.

Cabe destacar que a pesar de que en la estimación de consumo se ha considerado que todas las luminarias de la clínica permanecerán encendidas durante toda la noche, esto no es realista estando la de las salas de curas y partos encendidas únicamente durante el tiempo que son utilizadas, así como puntualmente las de la farmacia. Se estima un consumo aproximado nocturno en torno los 9 kWh- 10kWh, considerando que habrá que tener cuidado y priorizar los consumos prioritarios, ya que el sobredimensionado de la batería repercutiría en un considerable incremento del coste de la instalación.

Llegado el momento se podrían incorporar nuevos módulos a la batería o incorporar otra en paralelo aumentando así su capacidad. Se instalará una batería de 10,24 kWh de capacidad. Se adjunta su ficha técnica en el Anexo II.



Figura 19. Batería de litio Growatt ARK XH 10,24 kWh

3.3.2.6 Dimensionado de los conductores

Se procede llegados a este punto al dimensionado de los diferentes conductores utilizados en la instalación fotovoltaica, para lo que se dará uso del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Se utilizarán conductores con aislamiento XLPE que garantice la conservación de sus características a temperaturas elevadas al tratarse de un material termoestable

De acuerdo con el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red del IDAE, en la parte continua se conducirá por separado los positivos y negativos, protegidos y señalizados de acuerdo con la normativa vigente. Además, se incluirá la longitud de cable necesaria, evitando esfuerzos sobre los cables y elementos de la instalación, y los cables exteriores estarán protegidos contra la intemperie. [21]

Tramos de conexión entre módulos

Estos tramos de conductor trabajarán en continua y conectarán los módulos entre sí por su parte posterior, de modo que al estar situados sobre la cubierta donde se da el impacto directo de la radiación solar y por tanto temperaturas muy elevadas.

Tanto los cables (cable Solar 4.00 mm) como el tipo de conector (MC4) vienen determinados por el fabricante tal y como se muestra en la ficha técnica de los módulos adjunta en el Anexo II, y por tanto se da por hecho que cumplen con la normativa vigente.

Tramos de conexión de los módulos al inversor

Dicho tramo de conductor será el que conecte el final de los strings (cadenas) de módulos con el inversor. Según se indica en el apartado 5 del ITB-BT-40 del REBT, se deberán de dimensionar los cables de conexión para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador (módulos en este caso) y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la instalación interior, no superará el 1,5% para la intensidad nominal.

En este caso estaremos hablando de 6 cables, ya que cada cadena de módulos en serie entrará por una de las tres entradas de continua con las que cuenta el inversor. Basándonos en esto, y que es un tramo de continua, dimensionaremos el conductor de la siguiente manera: [22]

1 – Dimensionamos por intensidad máxima

$$I_{dim} = 1,25 \cdot I_{sc}$$

$$I_{dim} = 1,25 \cdot 10 = 12,5 \text{ A}$$

Donde:

I_{dim} – Intensidad máx. admisible que usaremos para dimensionar

I_{sc} – Intensidad de cortocircuito del módulo

2 – Se aplican factores de corrección (si es necesario)

En este caso se aplicará un Factor de corrección por temperatura para cables no enterrados, definido en el ITC-BT-19 del REBT. Considerando temperaturas máximas en la región de poco más de 30 °C, se aplicará el factor de corrección correspondiente a temperaturas de 35°C.

$$I_{dim} < f_{correc.} \cdot I_{adm}$$

$$I_{adm} > \frac{12,5}{1,05} = 12 \text{ A}$$

Para la selección del conductor en el REBT se supone método de instalación E (cables sobre bandejas) y determinamos que la menor sección de conductor que cumple la condición anterior es el monofásico con un diámetro de 1,5 mm².

3 – Comprobación del Criterio de caída de tensión

$$\Delta V (\%) = \frac{I_{sc} \cdot L}{\gamma \cdot S} \cdot \frac{100}{V_{MP} \cdot N \text{ módulos}}$$

$$\Delta V (\%) = \frac{10 \cdot 10}{58 \cdot 1,5} \cdot \frac{100}{9 \cdot 33,7} = 0,4 \%$$

Donde:

L – Longitud del conductor

I_{sc} – Intensidad de cortocircuito del módulo

S – Sección del conductor (mm²)

γ – Conductividad del material (58 m/Ωmm²)

Se confirma que se cumple el criterio de caída de tensión antes mencionado.

Tramos de conexión entre inversor y batería

La salida máxima de intensidad que se dará entre el inversor y la batería es de 30 A, al ser esta la intensidad límite que tiene la protección (fusible del inversor). El pico de corriente en la batería, según sus especificaciones puede llegar a los 50 A, de modo que para asegurar se dimensionará a esta intensidad, aunque el fusible no permitirá que la alcance.

$$I_{dim} = 50 \text{ A} < I_{adm}$$

El conductor monofásico de menor diámetro con recubrimiento XLPE en método de instalación E, que según la tabla de intensidades máximas admisibles para conductores no enterrados del ITC-BT-19 del REBT es el de 6 mm².

$$\Delta V (\%) = \frac{30 \cdot 2}{58 \cdot 6} \cdot \frac{100}{360} = 0,05 \%$$

Tramos de conexión entre inversor y las cargas

Este conductor es el que conectará el inversor desde su salida de AC con la caja de baja tensión de la clínica atravesando la caja de protecciones. Dicho circuito es de corriente alterna y el inversor es monofásico estando conectado a la instalación de baja tensión de la clínica a 230 V.

El pico de intensidad máxima que puede darse a la salida AC del inversor cuando se encuentra en modo Off-Grid es de 25 A. Puesto que no se determinará hasta el momento de la instalación no se sabe con certeza si los módulos fotovoltaicos estarán situados en la cubierta de la clínica o por motivos estructurales en la parcela contigua. En el segundo caso este tramo de conexión hasta la caja de baja tensión de la clínica será enterrado. Se dimensionará para ambas consideraciones utilizando en el momento de la ejecución la que interese.

$$I_{dim} = 25 < I_{adm}$$

En el caso de tratarse de un cable enterrado la tabla de intensidades admisibles a seguir de la ITC-BT-19 del REBT no será la misma que en el caso de conductores no enterrados, pudiendo resultar un diámetro distinto.

En cuanto a factores de corrección, no se debe aplicar ninguno por temperatura o contigüidad de cables en ninguno de los dos casos.

$$25 < I_{adm}$$

Para cables subterráneos con tipo de instalación con tipo de instalación D2 (con cubierta en el suelo sin protección mecánica complementaria) según el ITC-BT-19 del REBT seleccionaríamos el 2 XLPE de 6 mm², que según el ITC-BT-07 es la sección mínima para instalación enterrada de cobre.

Si se optara por cable no subterráneo, se optaría por una sección de 2,5 mm², según el ITC-BT-19.

$$\text{Si es cable no subterráneo } \Delta V (\%) = \frac{25 \cdot 10}{58 \cdot 2,5} \cdot \frac{100}{230} = 0,75\%$$

$$\text{Si es cable subterráneo } \Delta V (\%) = \frac{25 \cdot 10}{58 \cdot 6} \cdot \frac{100}{230} = 0,31\%$$

IDENTIFICADOR	Longitud aproximada (m)	Sección (mm ²)	
Entre módulos	1,5	4	Indicado por fabricante
Módulos - inversor	10	1,5	
Inversor - Batería	2	6	
Inversor – CGBT Clínica	10	6	Subterránea
		2,5	No subterránea

Tabla 9. Secciones de la instalación fotovoltaica

3.3.2.7 Protecciones de la instalación fotovoltaica

Ante el desconocimiento de la legislación vigente al respecto en Zimbabwe, se diseñan en este apartado todas las protecciones pertinentes según la legislación vigente, en particular el REBT.

Fusibles a la salida de los módulos fotovoltaicos

Con la intención de proteger la instalación frente a cortocircuitos y sobrecargas se instalarán fusibles tanto en el polo positivo como negativos de cada cadena (string) de módulos en serie. La clase de fusibles a utilizar serán los de tipo gPV, destinados a su aplicación en instalaciones fotovoltaicas según la norma IEC60269-6. Se ubicarán en portafusibles de las características adecuadas.

2	4	6	10	16	20	25	35
40	50	63	80	100	125	160	200
250	315	400	425	500	630	800	1000

Tabla 10. Calibres normalizados de fusibles de BT (A)

Se calculan los fusibles de la siguiente manera según el ITC-BT22 del REBT:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z$$

Donde:

I_b – Corriente para la que se ha diseñado el circuito

I_z – Corriente admisible del cable (ITC-BT-19)

I_f – Intensidad de funcionamiento

$$I_f = 1,60 \cdot I_n \quad I_n \geq 16A$$

$$I_f = 1,90 \cdot I_n \quad 4A < I_n < 16A$$

$$I_f = 2,10 \cdot I_n \quad I_n \leq 4A$$

$$9,5 \leq I_n \leq 24$$

Seleccionaremos los fusibles con calibre 10 A

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z \rightarrow 19 \leq 34,8$$

Protecciones del inversor

El propio modelo de inversor seleccionado ya cuenta con protecciones contra sobretensiones tanto en el lado de la entrada de continua, como en el de la salida de alterna.

Protecciones en el lado de AC

Tras la salida en AC del inversor, se instalará una caja de protecciones donde se instalarán un interruptor magnetotérmico (IG Manual) que permita maniobrar manualmente conectando y desconectando la instalación de la CGBT de la clínica cuando sea necesario, y un interruptor diferencial que proteja a los usuarios ante posibles fugas en el circuito eléctrico. En primer lugar, se dimensionará el interruptor magnetotérmico:

1	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40
63	80	100	125	160	200	250	400	500	620	800
1000	1250	1600	2000	2500	3000	3200	4000	5000	6300	

Tabla 11. Calibres normalizados de interruptores automáticos (A)

Se tiene en cuenta para esto que a la salida en alterna el inversor tiene según su hoja de características una intensidad máxima de 21 A.

Con esta consideración seleccionaremos un magnetotérmico de calibre 25 A.

$$\frac{I_{arr}}{I_n} = \frac{21}{25} = 0,84 \quad \text{Seleccionamos la curva B (IA 25B)}$$

Se ajustará más adelante para cumplir un criterio de selectividad con el resto de los interruptores automáticos de la instalación de baja tensión de la clínica.

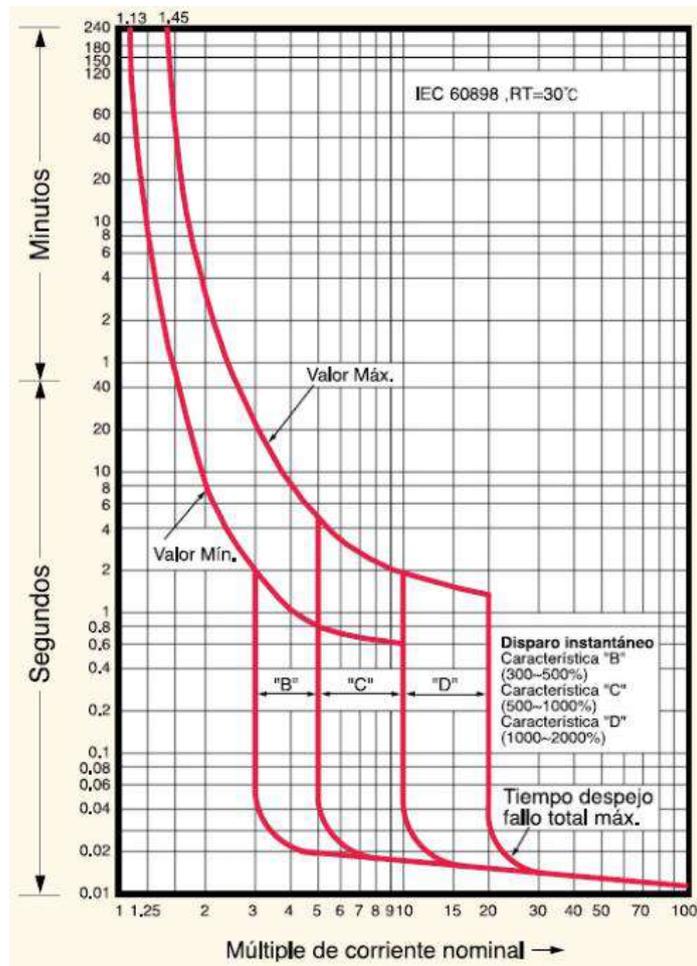


Figura 20. Interruptores Automáticos Magnetotérmicos (Curvas características)

Respecto al Interruptor diferencial, se instalará un interruptor diferencial de un calibre de 40 A, sensibilidad de 30 mA y con un retardo de 50 ms.

3.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

El diseño de la instalación eléctrica de baja tensión de la clínica, así como la parte de instalación necesaria para su funcionamiento forma parte del alcance de este proyecto. Esto englobará tanto el diseño de la instalación a nivel técnico como los detalles de ejecución de dicho diseño apoyándonos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en el resto de legislación pertinente con el fin de que dicha instalación cumpla las características operativas necesarias.

Se subdividirá en instalación de enlace e interior, siendo la primera la encargada de conectar la generación fotovoltaica con la clínica y el resto que consumos a abastecer en caso de excedentes, mientras que la interior engloba la instalación eléctrica de la clínica con el diseño de los circuitos necesarios y el detalle de su ejecución sobre terreno.

3.4.1 INSTALACIÓN DE ENLACE

La instalación de enlace será la encargada de unir la generación con los diferentes locales donde se sitúan los consumos y por tanto donde se localizará la derivación a través de la cual se cederán en determinados momentos algunos excedentes a las ya mencionadas viviendas próximas a la clínica. El esquema propuesto para esta parte de la instalación es el mostrado en la Figura 11.

En la línea general que va de la generación a la clínica se instalará una caja de derivación que permitirá suministrar energía mediante la maniobra de un interruptor, cediendo energía a las viviendas colindantes a la clínica cuando haya excedentes. En un principio el interruptor estará maniobrado manualmente, aunque con el fin de optimizar la instalación se planteará la opción de instalar un interruptor telemando desde el control del inversor.

Se situarán uno o varios medidores de energía en función de la situación particular de estas viviendas que se desconocen. Tanto el medidor de energía como el interruptor para la derivación se localizarán en la clínica, desde donde el encargado del sistema podrá

maniobrarlo y monitorizarlo. La instalación interior de estas viviendas como se ha mencionado anteriormente, no se encuentra dentro del alcance del proyecto).

El modelo de medidor utilizado será el **Medidor digital monofásico 2 hilos 220V/ 5(60)A DDS5558 TKL**, cuya ficha técnica se adjunta en el Anexo II, o similar. Este mismo modelo será el que se instale en el cuadro de protecciones de la clínica para poder monitorizar el consumo.

3.4.2 INSTALACIÓN INTERIOR DE LA CLÍNICA

En esta parte del proyecto se llevará a cabo el diseño de los diferentes circuitos de la clínica, así como de las protecciones pertinentes según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Como ya se ha comentado, a pesar de que por lo general se suele contar con más circuitos, en el caso particular de la clínica, al pretender abastecerla únicamente con unos servicios energéticos básicos, debido a la precaria situación en la región, se optará por el diseño únicamente de tres circuitos.

- C1: Iluminación
- C2: Tomas de corriente – Frigorífico
- C3: Termo eléctrico

En primer lugar, para poder llevar a cabo el diseño de los circuitos y de las protecciones del cuadro general de la clínica necesitaremos realizar una previsión de cargas del conjunto de la instalación.

3.4.2.1 Previsión de cargas

Para comenzar con el diseño de la instalación será necesario determinar cuáles son las cargas previstas para el conjunto de la instalación. Las potencias consumidas han sido dimensionadas conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, REBT, particularmente el ITC-BT-10 y 25. En lo referente a las cargas por iluminación se han añadido las ya calculadas en el punto 3.1, aunque para la potencia prevista para la toma a la hora de dimensionar se ha tomado el valor indicado en la tabla 1 del ITC-BT-25 del REBT.

Las tomas que se instalarán en cada una de las estancias de la clínica y que por tanto determinarán las características de cada uno de los circuitos serán las siguientes:

- Sala de espera: 2 tomas de iluminación (puntos de luz, C1) para instalar las dos luminarias calculadas en el apartado de iluminación, y 2 enchufes, tomas de uso general (C2).
- Consulta: 3 tomas de iluminación (puntos de luz, C1) para instalar las tres luminarias calculadas en el apartado de iluminación y un enchufe, toma de uso general (C2).
- Sala de Curas: 4 tomas de iluminación (puntos de luz, C1) para instalar las cuatro luminarias calculadas en el apartado de iluminación y 3 enchufes, tomas de uso general (C2).
- Farmacia: una toma de iluminación (punto de luz, C1) para instalar la luminaria calculada en el apartado de iluminación, 2 tomas de uso general (C2) y una toma destinada al termo eléctrico (C3)
- Sala de partos: 4 tomas de iluminación (puntos de luz, C1) para instalar las cuatro luminarias calculadas en el apartado de iluminación y 3 enchufes, tomas de uso general (C2).
- Sala de pre-post parto: 2 tomas de iluminación (puntos de luz, C1) para instalar las dos luminarias calculadas en el apartado de iluminación y 2 enchufes, tomas de uso general (C2).

Las características de cada circuito se recogen en la tabla 12, y se apoyan en lo indicado en el ITC-BT-25 e ITC-BT-19 del REBT.

Circuito	Potencia por toma	Factor de Simultaneidad (fs)	Factor de Utilización (fu)	Tipo de toma	Nº tomas	Diámetro de tubo
C1. Iluminación	200 W	0,75	0,5	Toma de luz	16	16 mm
C2. Tomas de uso General y frigorífico	3,45 kW	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	14	20 mm

C3. Toma para termo eléctrico	3,45 kW	0,66	0,75	Base 16ª 2p+T	1	20 mm
--------------------------------------	---------	------	------	---------------------	---	-------

Tabla 12. Características eléctricas de los circuitos de la clínica

La disposición de cada uno de los elementos del sistema será la mostrada en la Figura 21, partiendo todos los circuitos desde la Caja general de mando y protección, localizada en la consulta.

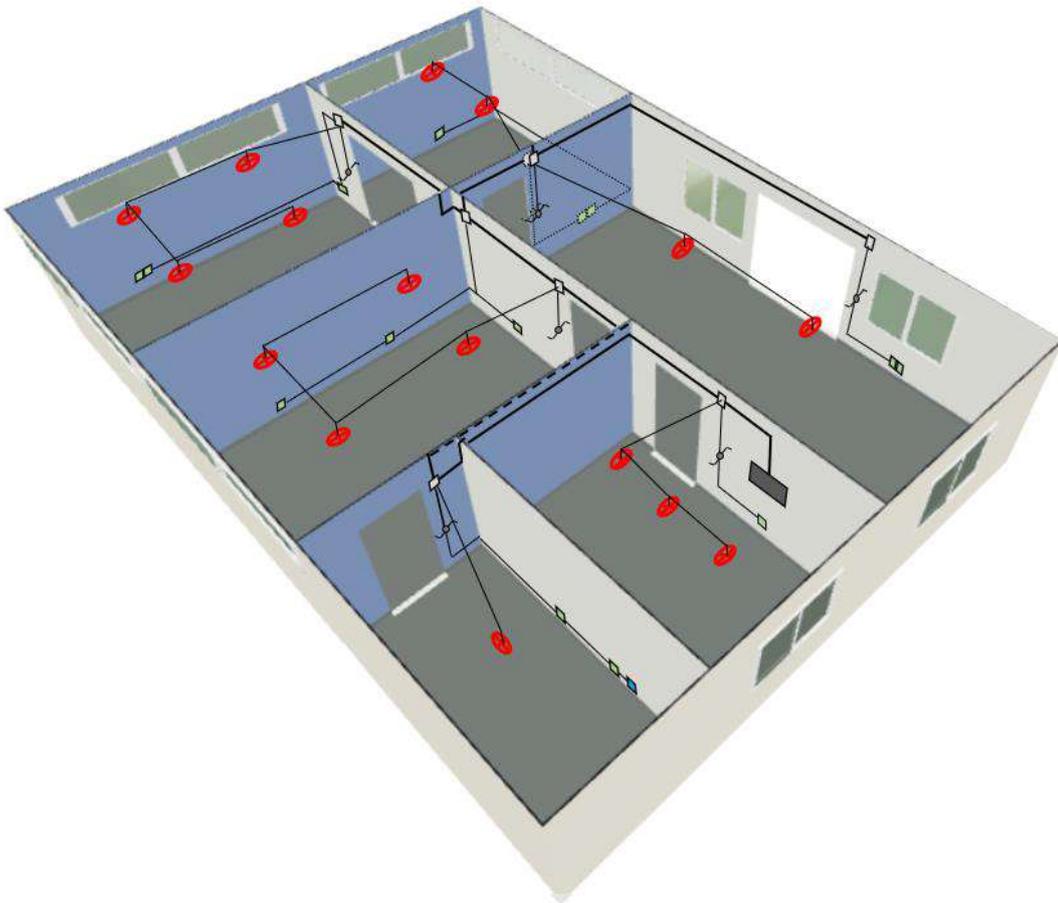


Figura 21. Croquis de la instalación eléctrica de la clínica (Plano 6)

3.4.2.2 Sección de conductores

Intensidad por circuito

La intensidad de corriente prevista en cada circuito se calcula a través de los valores de la Tabla 12 y según la fórmula:

$$I_{\text{circuito}} = n \cdot I_a \cdot F_s \cdot F_u$$

Donde:

n – Número tomas

I_a – Intensidad provista por toma

F_s – factor de simultaneidad

F_u – factor de utilización

Sección mínima

Las secciones de cable utilizada vendrán determinadas por la intensidad que pasará por ellos, de modo que según aumente la intensidad a transportar también tendrá que aumentar la sección. Se calculará la sección mínima requerida para un sistema monofásico como:

$$S(\text{mm}^2) = \frac{2 \cdot L(\text{m}) \cdot I(\text{A}) \cdot \cos\varphi}{K \cdot \Delta U}$$

Donde:

S – Sección del cable

L – Longitud del cable

I – corriente por el conductor

K – conductividad del cable (Cu 58 a 20°C)

$\cos\varphi$ – factor de potencia (se usa 0,9)

ΔU – Caída de tensión

Basándonos en lo indicado anteriormente, y en el ITC-BT-25 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, REBT, se ha determinado la siguiente sección de conductores para los diferentes circuitos.

Circuito	Intensidad prevista por circuito (A)	Sección de cable (mm ²) (Mínima ITC-BT25)
C1. Iluminación	5,79	1,5
C2. Tomas de uso General y frigorífico	11,66	2,5
C3. Toma para termo eléctrico	8,26	2,5

Tabla 13. Sección de cables. Instalación de la clínica

Se han obtenido varias secciones de cable para los diferentes circuitos, pero a la hora de la ejecución de esta se utilizará para los tres circuitos el de sección 2,5 mm², no teniendo así que comprar varias secciones de cable distintas.

Caída de tensión

Según lo indicado en el REBT, los conductores serán de cobre y la sección elegida estará condicionada a una caída de tensión máxima del 3%, lo que se comprobará calculándola con la siguiente expresión para conductores con secciones inferiores a 120 mm²:

$$\Delta U(\%) = \frac{100 \cdot P \cdot L \cdot \rho}{N_{cond} \cdot S \cdot U^2}$$

Donde:

P – Potencia en el cable (W)

L – Longitud del cable (más desfavorable) (m)

ρ – Resistividad eléctrica (Cu, 0,01851 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

S – Sección (mm²)

U – Tensión (V)

N_{cond} – Número conductores por fase

Circuito	Toma más alejada (m) aprox.	Caída de tensión (%)
C1. Iluminación	18	1,34%
C2. Tomas de uso General y frigorífico	20	0,67%
C3. Toma para termo eléctrico	12	0,58%

Tabla 14. Caída de tensión en los cables. Clínica

Podemos confirmar que las secciones seleccionadas cumplen con el criterio de caída de tensión máxima del 3% según el ITC-BT-25 del REBT.

3.4.2.3 Protecciones. Cuadro General de Mando y Protección.

Tras la elección de las secciones mínimas de cable en función de las cargas de cada uno de los tres circuitos y el diseño de estos como puede verse en la Figura 21, se procede al diseño de sus protecciones, alojadas en el cuadro de mando y protección situado en la consulta.

El cuadro corresponde con el inicio de la instalación, desde donde parten los circuitos y donde se alojan los dispositivos de seguridad y protección de la instalación interior de la clínica:

- Interruptor General. Magnetotérmico encargado de proteger la instalación completa ante cortocircuitos y sobrecargas. Corta la corriente de forma automática en dichas situaciones y también permite su activación manualmente, para situaciones de mantenimiento o necesidad de desconexión prolongada.
- Interruptor Diferencial. Protegerá a los usuarios de la instalación ante posibles contactos con elementos metálicos con tensión eléctrica.
- Pequeños automáticos. Pequeños interruptores magnetotérmicos que tienen como objetivo la protección individual de cada circuito y permite el funcionamiento independiente.

También se llevará a cabo la instalación de toma de tierra de toda la instalación que conectará todas las tomas y aparatos a tierra, lo que derivará a tierra cualquier fuga accidental de corriente protegiendo así tanto la instalación como a los usuarios ante el contacto de dichos elementos cargados.

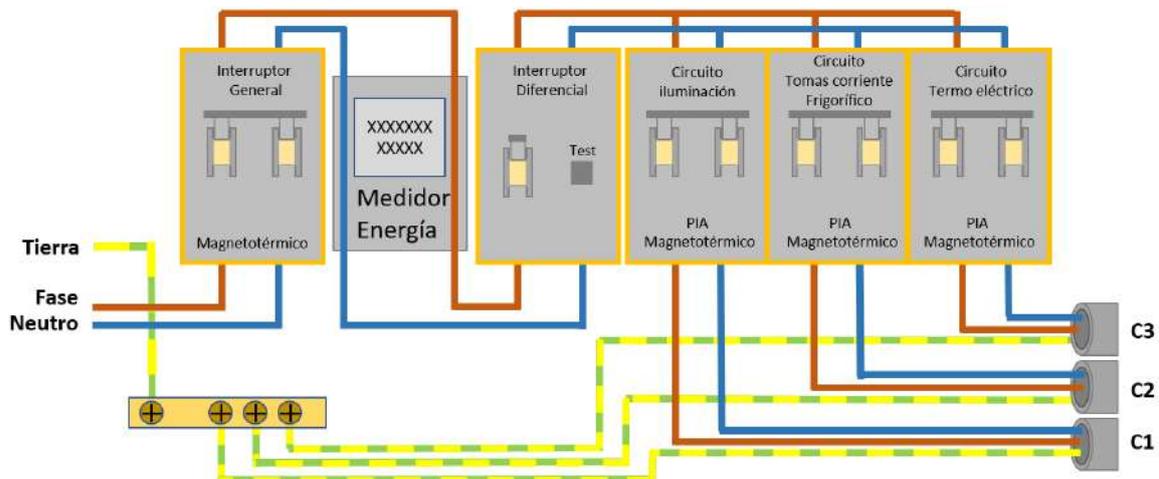


Figura 22. Croquis del Cuadro de Mando y Protección de la Clínica

El criterio para la selección de los interruptores automáticos se ha hecho partiendo de la intensidad prevista para cada circuito mostrada en la Tabla 13.

IGA. Interruptor general automático

Según lo indicado en el REBT, optaremos por utilizar un interruptor de calibre 25 A.

PIAs. Pequeños interruptores automáticos.

Se dimensionan teniendo en cuenta la intensidad prevista en cada circuito y siguiendo la gráfica de curvas de los interruptores, Figura 20.

Circuito	Intensidad prevista por circuito (A)	Calibre PIA (A)	Curva
C1. Iluminación	5,79	10	B
C2. Tomas de uso General y frigorífico	11,66	16	B
C3. Toma para termo eléctrico	12,5	16	B

Tabla 15. PIAs de los circuitos de la clínica

$$\frac{I_{c1}}{I_{PIA1}} = 0,579 \text{ (Curva B)} \quad \frac{I_{c2}}{I_{PIA2}} = 0,725 \text{ (Curva B)} \quad \frac{I_{c3}}{I_{PIA3}} = 0,781 \text{ (Curva B)}$$

ID. Interruptor diferencial.

Para la elección del calibre del interruptor diferencial, se seguirá el siguiente criterio indicado en el ITC-BT-25 del REBT.

$$I_{n ID} \geq I_{n IGA} \quad y \quad I_{\Delta} \leq 30 \text{ mA}$$

En función de esto seleccionaremos un interruptor de calibre 40A y una sensibilidad de 30mA.

3.4.3 MONTAJE DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE LA CLÍNICA

Se recogen en este apartado una serie de detalles a especificar a la hora de llevar a cabo la instalación eléctrica en la clínica.

Toma de tierra del edificio

Para llevar a cabo la instalación de la toma de tierra de la clínica se llevarán a cabo los siguientes pasos:

- 1- Se buscará un trozo de suelo lo más húmedo posible a una distancia no mayor de unos cuantos metros de la clínica, con el fin de que la conductividad del terreno sea lo mayor posible.
- 2- Se clavará en el suelo una pica de cobre de aproximadamente 1,80 de longitud. Se anclará a ella un cable de cobre que llegará por una zanja de poca profundidad hasta la fachada del edificio donde se situará una caja seccionadora de tierra, a la que el cable subirá verticalmente por el interior de un tubo de PVC para aislarlo (Dicha zanja se cubrirá apropiadamente de hormigón para evitar posibles contactos).



Figura 23. Ejemplo de toma a tierra.^[24]

- 3- En la caja seccionadora se pasará del cable desnudo a cable de 10 mm, e irá por el interior de un tubo corrugado que atravesará la fachada para llegar al cuadro general.
- 4- Desde la caja general, por todos los circuitos irá junto los cables de fase y neutro otro de tierra, de modo que todas las cargas de los circuitos estén debidamente conectadas a tierra.

Detalle de los circuitos interiores

Los circuitos llevarán los cables de fase y neutro por el interior de tubos de PVC de diferentes diámetros según se especifica en la tabla 12, que irán debidamente ancladas a la pared mediante abrazaderas de tornillo a la pared, según el esquema recogido en los planos.

A pesar de no ser lo mejor a nivel estético, los tubos anclados a la pared a la visto no influyen en la funcionalidad de la instalación y facilitarán el acceso en labores de reparación y mantenimiento. Además, la derivación de los circuitos se hará mediante cajas de derivación, como la que se puede ver en la figura 24.



Figura 24. Ejemplo de instalación de cableado en tubos de PVC

Capítulo 4. CARÁCTER ECONÓMICO DE LA INICIATIVA

Como ya se ha mencionado anteriormente se pretende realizar una derivación de los excedentes energéticos que no sean demandados por la clínica de forma que no se desperdicie energía, permitiendo a la vez a la comunidad utilizarlos para otros usos, como su utilización en las viviendas más próximas o su aprovechamiento para el desarrollo de actividades que permitan un desarrollo económico de la comunidad.

A nivel práctico el proyecto y la instalación que con el se llevará a cabo es de carácter social, sin buscarse con el una generación de beneficios o un retorno de la inversión, pero si que es interesante analizar el impacto económico que esta pueda tener o plantear una cierta comercialización de los mencionados excedentes, lo que permitiría utilizar los beneficios generados para garantizar un elevado grado de sostenibilidad del sistema planteado.

4.1 IDEAS DE UTILIZACIÓN DE EXCEDENTES

A la hora de utilizar estos excedentes, aunque no es algo que sea necesario decidir hasta que el proyecto vaya a ejecutarse y ponerse en funcionamiento se plantean a continuación una serie de alternativas posibles y que pueden ser interesantes tanto a nivel individual como para la comunidad en general, pudiendo ayudar algunas de ellas a activar o acelerar la actividad productiva de la comunidad. A pesar de ser estas alternativas interesantes para la utilización de esta energía, no tiene por qué estar su uso destinado a ninguna de ellas, sino a la que en cada momento resulte más interesante y necesaria.

Puntos de recarga de teléfonos móviles

En una comunidad de estas características, algo tan sencillo como es cargar el teléfono móvil se hace muchas veces muy complicado al disponer de un acceso a la electricidad tan limitado, lo que hace pensar que puede ser una idea realmente interesante situar en algunos

locales próximos a la clínica una serie de enchufes que sirvan de punto de recarga para que los habitantes de la comunidad puedan in libremente a cargar sus teléfonos móviles u otros dispositivos.

Suministro para las viviendas próximas

Esta alternativa es la que se ha considerado para llevar a acabo el diseño de la instalación y consiste básicamente como ya se ha mencionado, en el suministro de los consumos básicos de aquellas casas situadas en las proximidades de la clínica. Esto permitirá a estas viviendas familiares tener ciertas facilidades a su disposición, permitiéndole disponer por ejemplo de luz durante las noches o de hornillos eléctricos para cocinar con mayor comodidad en el día a día.

Sistema de riego automatizado

Una utilización interesante de parte de esta energía sería utilizarla en la instalación de un sistema de riego automatizado que maximizase la producción agrícola de la comunidad tanto para el consumo propio de sus habitantes como para la comercialización en la medida de lo posible con otras comunidades, incrementando la posibilidad de disponer de determinados bienes y garantizando una mayor producción de alimentos, evitando por tanto la escasez de estos en momentos de dificultades.

Alimentación de sistema de distribución de agua

Otra opción interesante sería la utilización de esta energía para alimentar una bomba que permitiera la distribución de agua del depósito por la comunidad, u otra que suministrase a la comunidad agua proveniente de la fuente natural más cercana para evitar tener que recorrer largas distancias para su recogida, disponiendo así de mayor cantidad y con mayor facilidad de este recurso para los diferentes usos que se le den, tanto para consumo como para riegos, alimentación del ganado...

4.2 ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN

Al fin y al cabo, esta iniciativa tiene un carácter principalmente solidario, siendo su naturaleza de ámbito social, ya que como se ha comentado no se espera obtener un beneficio económico de ella, sino facilitar la vida de esta comunidad dándoles facilidades y el acceso a un determinado servicio que en otros países más desarrollados se considera imprescindible.

A pesar de esto una forma de cuantificar el valor de esta puede ser realizar una comparativa de la producción energética que se genera frente a si este consumo se estuviera haciendo de la propia red del país, a pesar de que en este caso el acceso a la misma está limitada por motivos geográficos de localización de la comunidad.

Para esto se necesitan conocer los valores del precio de la energía en el país, de los cuales no se disponen y para lo que se ha optado realizar una estimación, partiendo del precio de la energía de su vecino del sur en el año 2021, donde tuvo un precio medio de 0,15 €/kWh. Partiendo de este valor y considerando un precio inferior en el caso de Zimbabue al ser mucho más débil económicamente, estimaremos un precio de energía de un 90% del valor en Sudáfrica el año pasado.^[26]

$$\text{Precio estimado Zimbabue} = 0,15 \cdot 0,9 = 0,135 \frac{\text{€}}{\text{KWh}}$$

Suponiendo que se realizara el consumo eléctrico estimado independientemente en el caso de no tener la instalación fotovoltaica, para mantener la clínica en correcto funcionamiento, se estaría hablando de un gasto anual en electricidad para el abastecimiento de la clínica de:

$$\text{Coste energía} = 0,135 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 13.414,1 \text{ kWh} = \mathbf{1.810,90 \text{ €}}$$

Este sería aproximadamente el ahorro anual en energía para el funcionamiento de la clínica al disponer de una fuente propia de autoconsumo. Esto supondría que considerando un

precio de toda la instalación incluyendo sistema fotovoltaico e instalación eléctrica de la clínica de unos 14.000 € aproximadamente, como se muestra en el documento de “Mediciones y Presupuesto”, si despreciáramos la inflación en el país para el cálculo lo cual no es lo más apropiado al ser tan elevada, pero si facilita mucho el cálculo al ser tan impredecible, se habría compensado el coste de la instalación con el ahorro en energía en un periodo de:

$$\text{Tiempo compensación inversión} = \frac{14.000 \text{ €}}{1.810,90\text{€}} = 7,73\text{años}$$

Considerando un mantenimiento efectivo de la instalación y suponiendo por tanto una vida útil superior a los 10 años, el proyecto supondría un ahorro a la adquisición de energía en el mercado eléctrico, pero además ofrece una cierta garantía al no tener que depender de un suministro poco fiable al no ser la generación del país capaz de cubrir la demanda. A esto hay que añadir que se estaría incluyendo en ese coste la instalación eléctrica interior de la clínica.

4.3 MODELO DE COMERCIALIZACIÓN DE EXCEDENTES

Con la finalidad de incrementar el grado de sostenibilidad del proyecto, como ya se ha mencionado anteriormente se plantea la alternativa de comercializar entre los miembros de la comunidad la energía excedente, con el fin de reinvertir los beneficios en la propia instalación, costeadando de esta forma las labores necesarias de mantenimiento y posibles reparaciones que haya que hacer en la instalación.

Respecto a los beneficios estimados que se obtendrían anualmente, serían considerando los valores de generación de la simulación realizada en el apartado de diseño de la instalación fotovoltaica y el consumo de la previsión de consumo realizada:

$$\text{Aproximación de excedentes} = 1.924,2 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Si consideramos unas pérdidas del 10 % por falta de optimización en el sistema de maniobra del interruptor encargado de la derivación de excedentes:

$$\text{Excedentes} = 1.924,2 \cdot 0,9 = 1.731,78 \frac{kWh}{\text{año}}$$

Considerando el precio de la energía estimado previamente, se hablaría de unos ingresos anuales por comercialización de excedentes de:

$$\text{Ingresos} = 1.731,78 \cdot 0,135 = \mathbf{234 \text{ €}}$$

A pesar de que el ingreso anual es pequeño hay que considerar que la instalación no se ha diseñado con este fin, sino que la prioridad de esta es el suministro de la clínica. A pesar del presente plan de negocio, lo más posible es que debido al nivel adquisitivo extremadamente bajo de la población de la comunidad, llegado el momento no se comercialicen estos excedentes, sino que se pueda disponer de esta energía de forma gratuita.

Modelo de Comercialización de excedentes en la comunidad

<p>Socios claves</p> <p>Proveedores</p> <p>Miembros de la comunidad encargados de operación y mantenimiento de la instalación.</p> <p>Profesionales que presten servicios en labores de mantenimiento.</p> <p>Financiadores solidarios</p> 	<p>Actividades claves</p> <p>Generación de energía</p> <p>Operación de la instalación</p> <p>Labores de mantenimiento</p>	<p>Propuesta de valor</p> <p>Posibilidad de suministro eléctrico para clínica y otros consumos en zona rural mayoritariamente aislada energéticamente.</p> <p>Facilitación del desarrollo de actividad económica en la comunidad como agricultura, permitiendo disponer de sistemas de riego automático.</p> <p>Independencia energética de un sistema poco fiable.</p> 	<p>Relación con el cliente</p> <p>Contacto directo debido a la proximidad de la generación y el consumo, así como vía telefónica.</p>	<p>Segmento de clientes</p> <p>Población de la comunidad en general que pueda beneficiarse de los cuidados de la clínica y el punto de recarga.</p> <p>Propietarios de las viviendas próximas a la clínica que puedan aprovechar los excedentes</p> 
<p>Estructura de costes</p> <p>Coste de inversión inicial de la instalación</p> <p>Coste de posibles labores de mantenimiento</p>		<p>Fuentes de Ingreso</p> <p>Ingresos por la energía excedente de la instalación fotovoltaica.</p>		

Capítulo 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] H. Varela Barraza, J. Fernández Ruiz. El colegio de México (2013). “Zimbabwe: Treinta años de vida independiente” [Online] Disponible:
<https://www.redalyc.org/pdf/586/58630439001.pdf>
- [2] E. Gargallo. Centre d’Estudis Africans (CEA) y University of Namibia (UNAM). “Zimbabwe: el largo camino hacia el año cero”. [Online] Disponible:
<https://centrestudisaficans.org/wp-content/uploads/2021/05/23.EDUARD-GARGALLO-N-23.-39-60.pdf>
- [3] Oficina de información Diplomática. Ministerio de Asuntos exteriores (Abril, 2022) “Ficha país: República de Zimbabwe”. [Online] Disponible:
https://www.exteriores.gob.es/Documents/FichasPais/ZIMBABWE_FICHA%20PAIS.pdf
- [4] D. Pelz. DW Made for Mind (2017, Nov 24) “Emmerson Mnangagwa: the Crocodile who snapped back” [Online] Disponible:
<https://www.dw.com/en/emmerson-mnangagwa-the-crocodile-who-snapped-back/a-41396645>
- [5] Datos, Banco Mundial [Online] Disponible:
<https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.DYN.LE00.IN?end=2020&locations=ES-ZW&start=1960&view=chart>
- [6] CIDAF – UCM (2019, Nov 6) “El sistema sanitario de Zimbabwe supone “un genocidio silencioso”” [Online] Disponible:
<https://cidafucm.es/el-sistema-sanitario-de-zimbabwe-supone-un-genocidio-silencioso>
- [7] J. Portell. Ara, Internacioneal (2021, Nov 30) “El mundo aísla al continente sin vacunas” [Online] Disponible:
https://es.ara.cat/internacional/mundo-aisla-continente-vacunas-coronavirus-africa_1_4198463.html
- [8] A. Aznar Rodríguez-Arias. ICEX (2021. Abr 23) “Energía en Zimbabwe” [Online] Disponible:
<https://www.icex.es/icex/GetDocumento?dDocName=DOC2021880969&urlNoAcceso=/icex/es/registro/iniciar-sesion/index.html?urlDestino=https://www.icex.es:443/icex/es/navegacion-principal/todos-nuestros-servicios/informacion-de-mercados/sectores/bienes-de-consumo/documentos/ficha-sector-energia-zimbabwe-2021-doc2021880969.html&site=icexES>

- [9] Africa Energy Portal (2019, Oct 1) “Zimbabwe: Struggling ZESA set to increase powers exports to Namibia” [Online] Disponible:
[Zimbabwe: Struggling ZESA set to increase power exports to Namibia | Africa Energy Portal \(africa-energy-portal.org\)](https://africa-energy-portal.org/)
- [10] Comantur (2017, Abr 6) “Las energías renovables tienen un futuro sólido en gran parte de África” [Online] Disponible:
<https://comantur.com/las-energias-renovables-tienen-futuro-solido-gran-parte-africa/>
- [11] Solargis. “Mapas de recursos solares de Zimbabwe” [Online] Disponible:
<https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/zimbabwe>
- [12] M. López Asís. Universidad Pontificia Comillas, TFG (2020, Ag) “Edificio sostenible para consultas de asistencia médica básica en Zimbabwe”
- [13] UNE 12464.1 “Norma Europea sobre Iluminación para Interiores” [Online] Disponible:
<https://hospitecna.com/sites/default/files/158833991931588339919.pdf>
- [14] Clinic Control. (2021, Nov 6) “10 Equipos médicos indispensables para tu clínica” [Online] Disponible: <https://www.cliniccontrol.cloud/10-equipos-medicos-indispensables-para-tu-clinica/>
- [15] Respirador Dräger. Ficha técnica. [Online] Disponible:
<https://www.draeger.com/Products/Content/evita-v500-sw2-pi-9072800-es-1510-2.pdf>
- [16] O.B. Navarro. Universidad de La Laguna. “Instalación fotovoltaica aislada para casa rural”
- [17] PVGIS. Comisión Europea. Herramienta interactiva (Photovoltaic Geographical Information System) [Online] Disponible: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html
- [18] G. Ojeda. Selectra (2021, Sept 7) “Baterías para placas solares: Funcionamiento y Mejores Marcas” [Online] Disponible: <https://selectra.es/autoconsumo/info/componentes/baterias-solares>
- [19] AutoSolar (2021, Oct 15) “¿Qué es un regulador de carga?” [Online] Disponible:
<https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/que-es-un-regulador-de-carga>
- [20] Cambio Energético (2021, Jul 29) “¿Cómo elegir batería de litio para tu autoconsumo?” [Online] Disponible: <https://www.cambioenergetico.com/blog/como-elegir-bateria-litio/>
- [21] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2009, Feb) “Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red” [Online] Disponible:
<https://www.idae.es/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de-0>
- [22] Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (6º Edición). ITB-BT-40 – Instalaciones generadoras de Baja Tensión.
- [23] O.B. Navarro (2017, Sept) “Instalación fotovoltaica aislada para casa rural”

[24] Web Aprende Electricidad. Imagen. [Online] Disponible:

<https://www.aprendeelectricidad.com/toma-de-tierra/>

[25] Web de Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Online]. Disponible:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

ANEXO I. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

El fin principal de esta instalación es la de facilitar a la clínica su labor de prestar asistencia médica a los habitantes de la comunidad, maximizando por lo tanto en la medida de lo posible su calidad de vida. Por lo tanto, la propia naturaleza del proyecto denota un elevado compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que fueron adoptados en septiembre de 2015 por los líderes mundiales y que tienen como objetivos principales, proteger el planeta, la erradicación de la pobreza y garantizar que todas las personas puedan disfrutar de paz y prosperidad para el 2030.^[25]



Figura 25. Alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Organización de Naciones Unidas)

Por sus características, se puede afirmar que el proyecto tiene un considerable grado de alineación principalmente con el de Salud y Bienestar (ODS 3), al estar la instalación destinada al suministro energético de una clínica de asistencia médica, además de con el de Energía Asequible y no contaminante (ODS 7) siendo una clara apuesta por las energías renovables, y con el de Reducción de las desigualdades (ODS 10) al ser su principal objetivo, ofrecerle a una población rural con una precaria calidad de vida la posibilidad de avanzar ofreciéndole un servicio tan necesario como es la electricidad.

ANEXO I. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

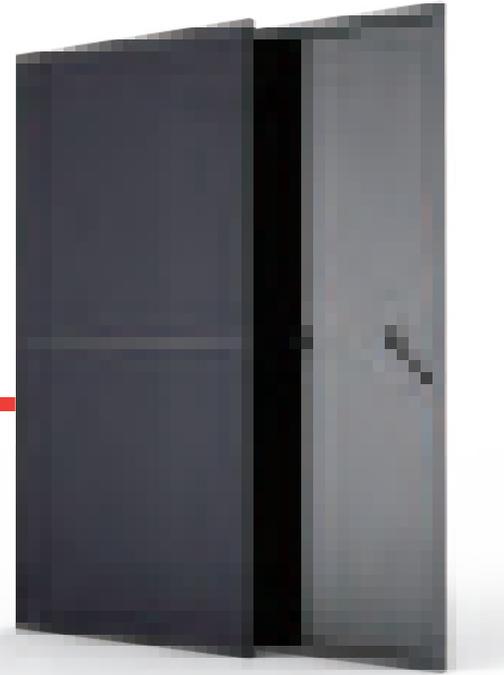
Aunque los ODS con lo que mayor grado de compromiso se puede apreciar a simple vista son los mencionados anteriormente, en mayor o menor medida también presenta cierto grado de relación con el resto de los que se muestran en la Figura 12, ya que el acceso a la electricidad servirá para allanar el camino hacia los demás objetivos.

ANEXO II

FICHAS TÉCNICAS

THE ALLMAX^M PLUS⁺

FRAMED 120 HALF-CELL MODULE



120-Cell
MONOCRYSTALLINE MODULE

320-335W
POWER OUTPUT RANGE

19.7%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS	BACKSHEET COLOR	POWER RANGE
TSM-DD06H.08(II)	White	320-335W
TSM-DD06H.05(II)	Black	320-330W

FRAME COLOR: Black



Increased value

- Reduce BOS cost with high power bin
- Low thermal coefficients for greater energy production at higher temperature



Half-cell design brings higher efficiency

- New cell string layout and split J-box location to reduce the energy loss caused by inter-row shading
- Integrated LRF(Light Redirecting Film) to enhance power, specially for ground-mount applications (optional)
- Lower cell connection power losses due to half-cell layout (120 monocrystalline)



Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF etc)
- Increased module robustness to minimize micro-cracks
- PID resistant and free of snail trails
- Internal test requirement of Trina more stringent than certification authority



Certified to withstand the most challenging environmental conditions

- 2400 Pa negative load
- 5400 Pa positive load

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading comprehensive solutions provider for solar energy. We believe close cooperation with our partners is critical to success. Trina Solar now distributes its PV products to over 60 countries all over the world. Trina is able to provide exceptional service to each customer in each market and supplement our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable partner. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaboration with installers, developers, distributors and other partners.

Comprehensive Products And System Certificates

IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716
 ISO 9001: Quality Management System
 ISO 14001: Environmental Management System
 ISO14064: Greenhouse gases Emissions Verification
 OHSAS 18001: Occupation Health and Safety Management System

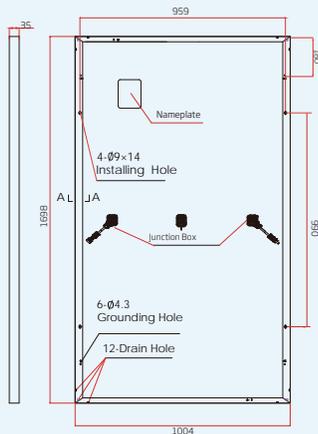


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

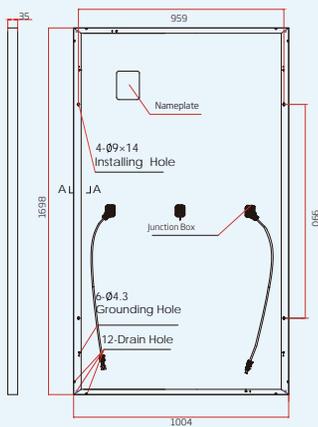
10 Year Product Warranty · 25 Year Linear Power Warranty



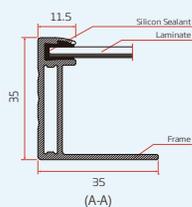
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



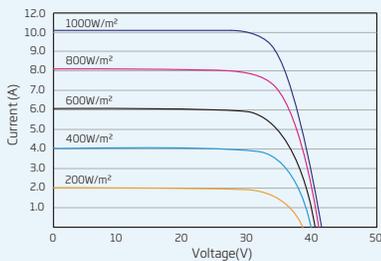
String Inverter Configuration



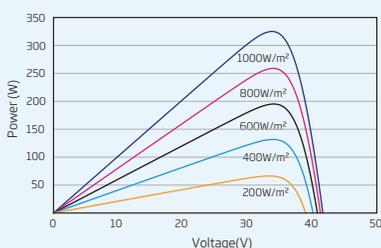
Microinverter or Optimizer Configuration



I-V CURVES OF PV MODULE(325W)



P-V CURVES OF PV MODULE(325W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-P _{MAX} (Wp)*	320	325	330	335
Power Output Tolerance-P _{MAX} (W)	0 ~ +5			
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	33.3	33.7	34.0	34.4
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	9.60	9.65	9.70	9.75
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	40.6	41.4	41.8	42.2
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	10.00	10.07	10.14	10.21
Module Efficiency η _m (%)	18.8	19.1	19.4	19.7

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
*Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power-P _{MAX} (Wp)	241	245	249	253
Maximum Power Voltage-V _{MPP} (V)	31.6	32.0	32.2	32.4
Maximum Power Current-I _{MPP} (A)	7.64	7.67	7.72	7.78
Open Circuit Voltage-V _{OC} (V)	38.2	39.0	39.3	39.6
Short Circuit Current-I _{SC} (A)	8.06	8.12	8.18	8.24

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	120 cells (6 × 20)
Module Dimensions	1698 × 1004 × 35 mm (66.85 × 39.53 × 1.38 inches)
Weight	18.7 kg (41.2 lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White [DD06H.08(II)]; Black [DD06H.05(II)]
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 140mm/P 285mm(5.51/11.22inches) Landscape: N 1200 mm /P 1200 mm (47.24/47.24 inches)
Connector	MC4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT(Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	- 0.37%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	- 0.29%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1000V DC (IEC) 1000V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	20A

(DO NOT connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40' container: 780 pieces



Residential Energy Storage Solution for North America

E6-TL-US | E8-TL-US

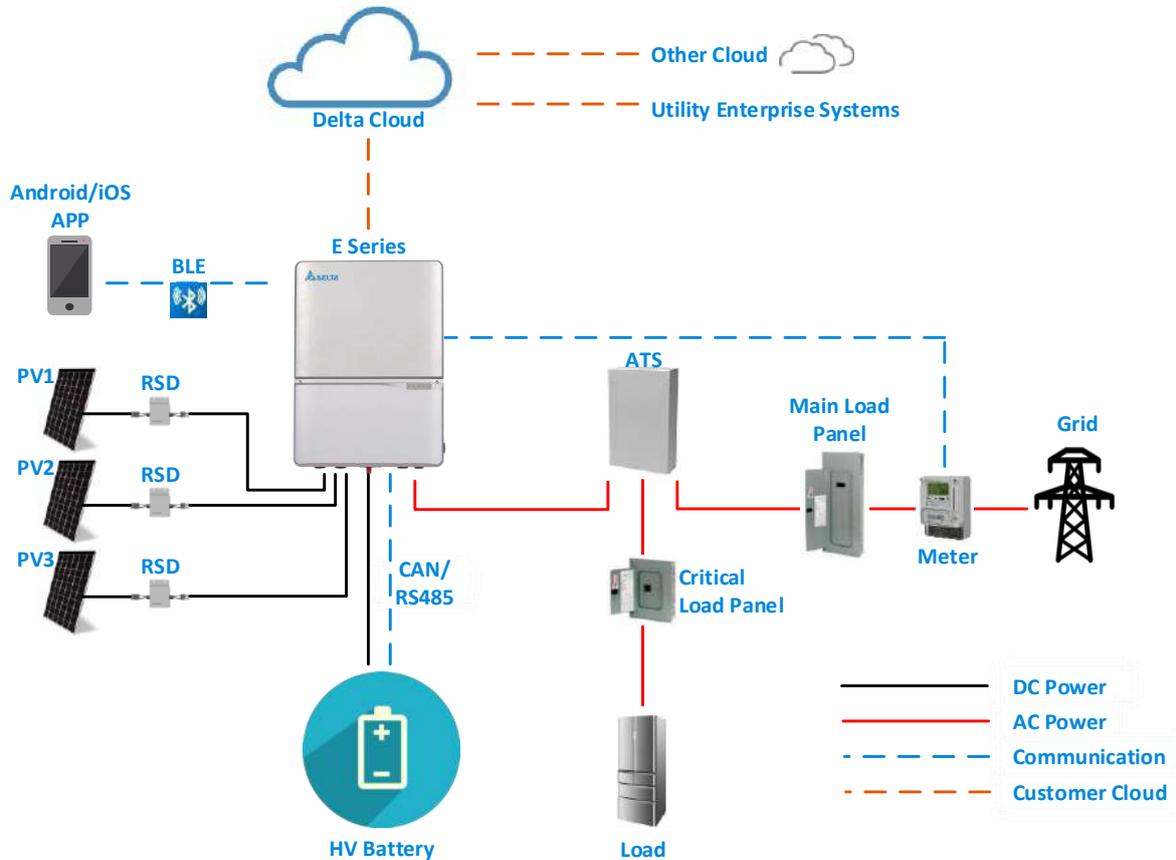


Key Features:

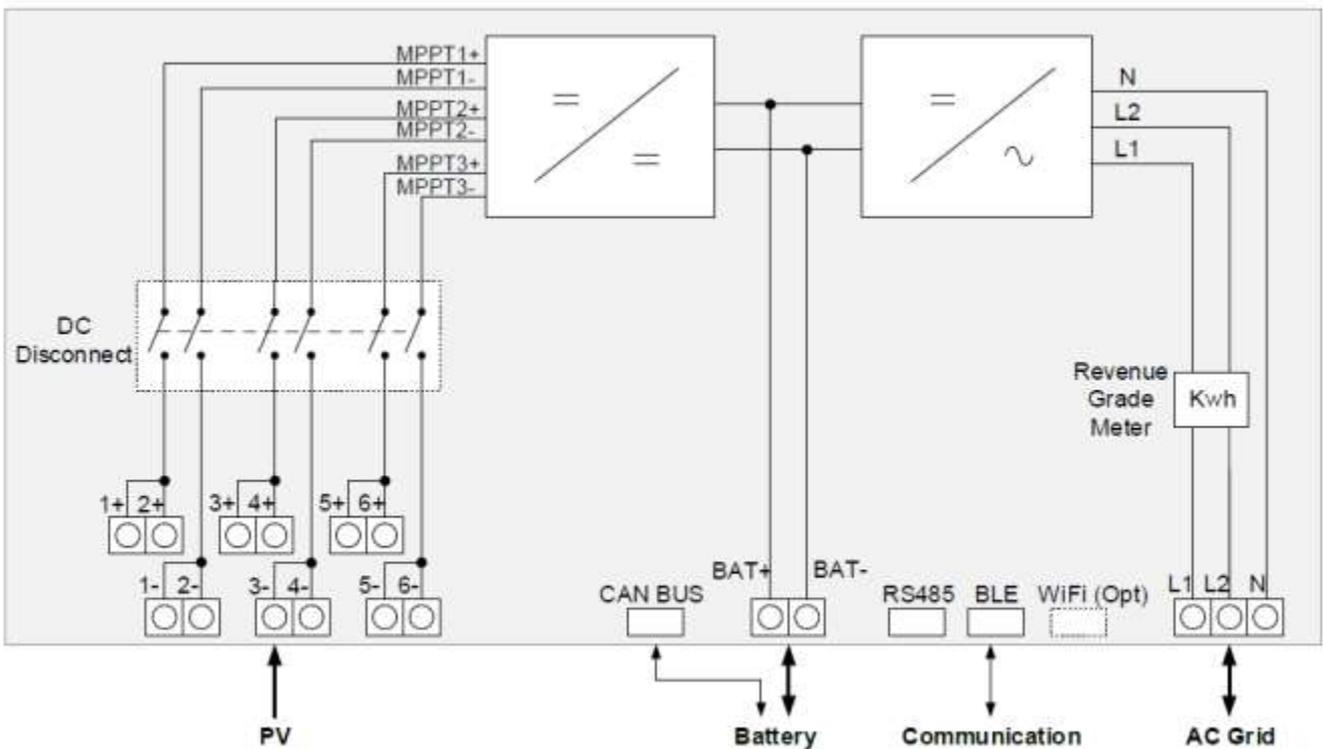
- Support both DC-coupled and AC-coupled systems
- Support back-up and dark start operations
- EMS integrated with self-consumption, zero export, TOU and off grid operations for further settings
- High efficiency, high reliability
- With BLE & WiFi, support cloud based data collecting, monitoring, SW update & control via web portal



System Configuration



The E Series wiring diagram shown below is straightforward and user friendly, allows an installer to finish wiring and configuration setup within 15 minutes.



	E6-TL-US	E8-TL-US
BATTERY PORT		
Compatible battery pack size	5 to 30 kWh	
Rated I/O power	5000 W ¹⁾	5000 W ¹⁾
Peak I/O power(30s)	6000 W	7680 W
Acceptable input voltage range	350 V to 480 V ²⁾	
Rated I/O current	15 A	15 A
Peak I/O current (30s)	18 A	18 A
Cycle efficiency charging to discharging (PCS Only)	Peak > 95 %	
Fuse rating	30 A	
Battery terminal	Screw type	
PV INPUT		
Absolute maximum input voltage	480 V ²⁾	
Start-up voltage	120 V	
Operating MPPT range	50 V to 480 V	
Maximum current (per MPPT)	12 A	12 A
MPP tracker	3	3
Maximum allowable MPPT in-paralleled	2 (String)	
MPPT scan (Shading option)	15min (high) /~ 30min (default) /~ 60min (low)	
MPPT efficiency	>99.6% (Static), >99.3% (Dynamic)	
DC disconnect	Integrated	
DC terminal	Spring type	
AC PORT (ON-GRIG MODE)		
Maximum output power	6000 VA	8000 VA
Voltage range	183 Vac to 229 Vac @ 208 Vac 211 Vac to 264 Vac @ 240 Vac	
Maximum AC current	24 A	32 A
Frequency range	59.3 Hz to 60.5 Hz	
Adjustable frequency range	50 Hz to 66 Hz	
Adjustable power factor range	0.85i to 0.85c	
THD @ nominal power	< 3 %	
Grid support compliance	UL 1741 SA, CA Rule 21, HECO	
RGM (optional)	Integrated comply with ANSI C12.20, Class 0.5	
Output terminal	Spring type	

1) Adjustable value, limited by the output capability of battery pack

2) Adjustable value, limited by the maximum allowed voltage of battery pack

	E6-TL-US	E8-TL-US
AC PORT (OFF-GRID MODE)		
Output	Pure sin-wave voltage	
Maximum output power	5000 W	
Peak output power (30s)	6000 W	
AC output voltage	240 Vac	
Maximum AC current	21A	
Peak AC current(30s)	25A	
Frequency range	57Hz to 63Hz	
THD @ nominal power	< 5%	
Maximum allowed crest factor	2.5 @ 5000 W	
RGM (optional)	Integrated comply with ANSI C12.20, Class 0.5	
Output terminal	Spring type	
GENERAL PV to AC		
Isolation level	Transformerless	
Type of converter	DC / AC	
Peak efficiency	98%	
CEC efficiency	97.50%	
Operating temperature	-22 °F to 149 °F (-30 °C to 65 °C)	
De-rating start temperature	113 °F (45 °C) or above	
Humidity	0% to 95%	
Maximum operating altitude	9,843 ft (3,000 m) above sea level	
Audible noise	< 45 dB(A) @ 3 ft (1 m)	
MECHANICAL DESIGN		
Dimensions (W x H x D)	16.7 x 23.2 x 5.9 in (425 x 590 x 150 mm)	
Weight	45.9 lbs (20.8 kg)	
Cooling	Natural convection	Natural convection with internal fan
Enclosure material	Aluminum alloy	
Installation type	Vertical wall mount indoor and outdoor	
Warranty	10 years	

	E6-TL-US	E8-TL-US
INTERFACE		
Indicator	5 LEDs	
Protocol	Modbus	
Ethernet (optional)	Standard (support IPv4)	
Human machine interface (HMI)	BLE (Support 4.0 or higher) Settings can be done through APP from mobile phone	
Remote diagnose/monitoring	Bi-direction through cloud	
Remote firmware update	Through cloud (optional)	
Rapid shutdown function	Integrated PLC controller to RSD or MCI	
STANDARDS		
Battery safety	UL 1973 / UL 1974 (Optional depends on battery pack)	
Enclosure protecting rating	Type 4	
Safety	UL 1741, CSA - C22.2 No. 107.1-01	
Software approval	UL 1998	
Grounding fault protection	UL 1741 CRD	
Anti-islanding protection	IEEE 1547, IEEE 1547.1	
EMC	FCC part 15 Class B	
AFCI	UL 1699B (Type 1), NEC 2014 690.11	
Integrated meter	ANSI C12.20 Class 0.5	
Grid support regulation	UL 1741 SA, California Rule 21, HECO Compliant	

Delta Electronics (Americas), Ltd.

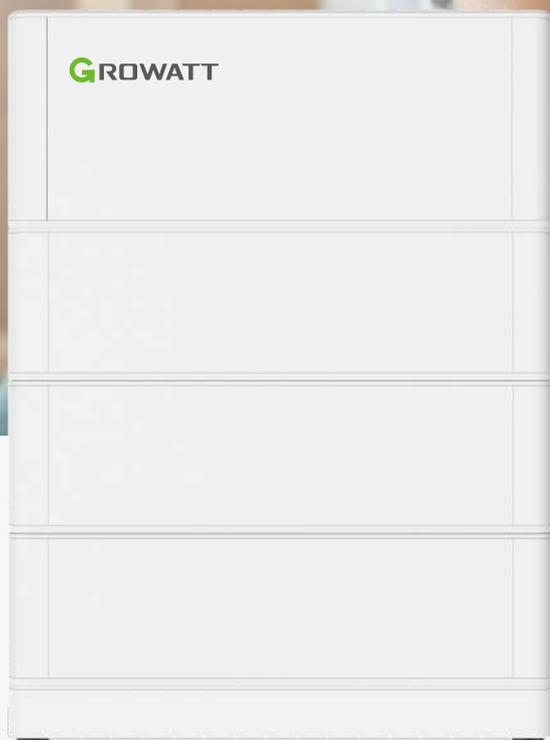
46101 Fremont Blvd, Fremont, CA 94538
 Sales Email: Inverter.Sales@deltaww.com
 Support Email: Inverter.Support@deltaww.com
 Sales Hotline: +1-877-440-5851 or +1-626-369-8021
 Support Hotline: +1-877-442-4832
 Support (Intl.): +1-626-369-8019
 Monday to Friday from 6am to 6pm PST (apart from Holidays)

www.Delta-Americas.com



ARK XH Battery System

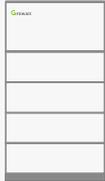
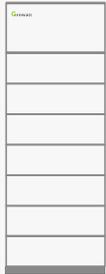
- Compatible with MIN-XH series inverter
- Flexible capacity options, 5.12kWh to 17.92kWh
- Excellent safety of cobalt free LiFePO4 battery
- Easy installation with modular and stacked design
- Remote firmware upgrade



P O W E R
- I N G O
T O M O -
R R O W O

GROWATT

www.ginverter.com

Datasheet	ARK 5.1XH	ARK 7.6XH	ARK 10.2XH	ARK 12.8XH	ARK 15.3XH	ARK 17.9XH
System Demo						
Power module	BDC 95045-A1					
Number of power modules	1					
Battery Module	ARK 2.5H-A1 (2.56kWh, 51.2V, 28kg)					
Number of Modules in Series	2	3	4	5	6	7
Energy Capacity	5.12kWh	7.68kWh	10.24kWh	12.8kWh	15.36kWh	17.92kWh
Usable Capacity	4.6kWh	6.9kWh	9.21kWh	11.52kWh	13.81kWh	16.12kWh
Max. output power*1	2.5kW	3.75kW	5kW	6.25kW	7.5kW	8.75kW
Peak output power	5kW, 10s	7.5kW, 10s	10kW, 10s	12.5kW, 10s	15kW, 10s	17.5kW, 10s
Dimension (W/D/H)*2	650/260/630mm	650/260/815mm	650/260/1000mm	650/260/1185mm	650/260/1370mm	650/260/1555mm
Weight	71kg	99kg	127kg	155kg	183kg	211kg
Nominal voltage (single phase system)	360V	360V	360V	360V	380V	440V
Operating voltage range (single phase system)*3	360V-550V	360V-550V	360V-550V	360V-550V	380V-550V	440V-550V
Battery Type	Cobalt Free Lithium Iron Phosphate (LFP)					
IP Protection	IP65					
Installation	Wall-mounted or Floor installation*4					
Operation Temperature	-10°C ... -50°C*5					
Relative humidity	5%~95%					
Cooling	Natural					
Power Module	BDC 95045-A1					
Dimension(W/D/H)	650/260/260mm					
Weight	15kg					
Communication Port	CAN/RS485					
BAT voltage range	90V-400V					
Power module output voltage	360V-550V					
Maximum BAT current	25A					
Peak BAT current	50A					
Monitoring Parameters	SOC, System voltage, current, cell voltage, cell temperature, PCBA temperature					
Certification & Licensing	IEC62619(Cell&Pack)/CE/CEC/RCM/UN38.3					

*1 Depend on the max. battery charge/discharge power of the inverter.

*2 Include power module (BDC 95045-A1)

*3 Single phase energy storage system supports 2~7pcs battery modules in series

*4 Floor installation requires extra base (W/D/H=650/260/80 mm)

*5 Battery discharge: -10°C ~ 50°C, battery charge: 0°C ~ 50°C

* ARK series battery has an EU model and a General model, the storage inverters sold in European countries only work with EU model ARK battery.

*2021 SHENZHEN GROWATT NEW ENERGY CO.,LTD All rights reserved. Subject to change without notice.



FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO

Características

Medidor digital monofásico 2 hilos 220v/5(60)A DDS5558 TKL



COD. 14160

Diagrama de conexión

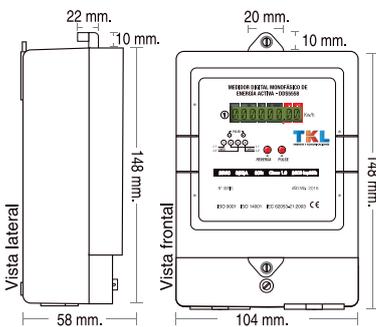
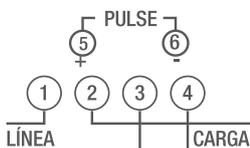


Diagrama de conexión



Descripción del producto: Alta calidad y mayor durabilidad. Medición de energía activa. Sistema compacto de alta confiabilidad. Alta inmunidad al ruido. Fácil de usar

Operatividad: El led de pulse brilla indicando que el medidor detecta impulso de energía.
Registro de energía: 999999.99 kWh
Los registros energéticos se mantienen durante 10 años después del corte de energía al medidor.

Estándar de referencia: IEC 62053-21

Precisión: Clase 1

Medición de alcance: Energía activa (kWh)

Trabajo neto: 1 fase 2 hilos

Tensión nominal: 220V - 240V

Voltaje de operación: 80-110% μn

Corriente básica: 5A

Corriente máxima: 60A

Frecuencia nominal: 60Hz

Contador constante: 2000imp/kWh

Intensidad de arranque: 0.004lb

Rastreo: Ninguna corriente menor a una salida de impulsos

Consumo de energía: Corriente de circuito: 0.05VA
Circuito de tensión: 1.0W

Temperatura de funcionamiento: -25 C° a +70 C° (IEC62052-11)

Temperatura de almacenamiento: -40 C° a +70 C° (IEC62052-11)

Instalación:

- * El producto debe ser instalado por un electricista experimentado o un técnico profesional que haya leído las indicaciones en el empaque.
- * Debe ser instalado en un ambiente seco y ventilado. Soportado a una pared con resistencia al fuego e inamovible a una altura de 1.8m
- * El medidor deberá ser instalado dentro de un tablero que le proteja contra el polvo o posible daño mecánico.
- * La conexión debe concordar con el diagrama a continuación o el dibujo en la cubierta adicional.
- * Utilizar conductores de bronce en la entrada para evitar que el metro sea quemado debido a algún contacto suelto.

Cuerpo de luminaria

Construido en chapa de acero de primera calidad. Su espesor aporta una gran rigidez mecánica, permitiendo incorporar el resto de los elementos que configuran la luminaria.

Diseñada para suspender del techo.

Tratamiento de pintura

El proceso de desengrase, permite lograr una gran uniformidad en la pintura (Polvo Epoxi-Poliéster) aplicada en los cuerpos de la luminaria, los cuales son termoesmaltados en blanco RAL-9010.

Componente óptico

El componente óptico de aluminio especular consigue adaptarse a luminarias de reducida altura.

Se utilizan aluminios de máxima pureza, con ausencia de fenómenos cromáticos iridiscentes.

Su cuidado diseño permite un excelente control de la luminancia ,consiguiendo así una mayor uniformidad lumínica.

Equipo

Las luminarias están preparadas para alojar distintas fuentes de alimentación, regulables de 1-10 V, Dali con conexión de 5 polos, o equipos no regulables con conexión rápida de 3 polos.

Sin necesidad de herramientas para conexión.

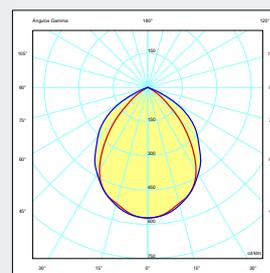
Tensión de alimentación:

220-240 V/ 50-60 Hz.

(Equipo integrado en la luminaria).



Curva de distribución luminosa



Modelo	W	Lm	IRC	Temperatura de color
LD-60102 LED10	10	1276	>80	4.000K
LD-60102 LED12	12.4	1554	>80	4.000K
LD-60102 LED14	14.8	1832	>80	4.000K
LD-60102 LED18	18.4	2200	>80	4.000K
LD-60102 LED24	24.6	3094	>80	4.000K
LD-60102 LED29	29.4	3666	>80	4.000K
LD-60102 LED37	37	4386	>80	4.000K
LD-60102 LED44	44.8	5750	>80	4.000K
LD-60102 LED55	55.6	6556	>80	4.000K

APLICACIONES:



ACCESORIOS:

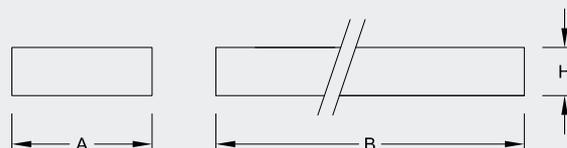


Kit de suspensión
 LD-500SUS

Dimensiones

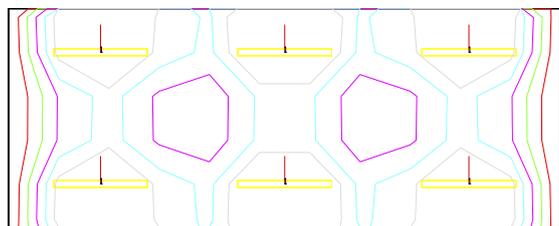
A B H

130 1200 30



UGR
 S = 0.250

Reflectancias										
Ceiling/Cavity	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3
Walls	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3
WorkingPlane	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
RoomDimensions	ViewedCrosswise					ViewedEndwise				
x=2H y=2H	15.3	16.3	15.5	16.5	21.1	19.7	20.7	20.0	20.9	21.1
x=2H y=3H	15.1	16.0	15.4	16.3	21.2	19.9	20.8	20.1	21.0	21.2
x=2H y=4H	15.0	15.9	15.4	16.2	21.2	19.8	20.6	20.1	20.9	21.2
x=2H y=6H	15.0	15.8	15.3	16.0	21.1	19.7	20.5	20.0	20.8	21.1
x=2H y=8H	14.9	15.7	15.3	16.0	21.0	19.7	20.4	20.0	20.7	21.0
x=2H y=12H	14.9	15.6	15.3	15.9	21.0	19.6	20.3	20.0	20.6	21.0
x=4H y=2H	15.6	16.5	16.0	16.8	21.0	19.6	20.4	19.9	20.7	21.0
x=4H y=3H	15.5	16.2	15.9	16.5	21.1	19.7	20.5	20.1	20.8	21.1
x=4H y=4H	15.4	16.0	15.8	16.4	21.0	19.7	20.3	20.1	20.6	21.0
x=4H y=6H	15.4	15.9	15.8	16.2	20.9	19.6	20.1	20.0	20.5	20.9
x=4H y=8H	15.3	15.8	15.7	16.2	20.8	19.6	20.0	20.0	20.4	20.8
x=4H y=12H	15.3	15.7	15.7	16.1	20.8	19.5	20.0	20.0	20.4	20.8
x=8H y=4H	15.3	15.8	15.8	16.2	20.8	19.6	20.0	20.0	20.4	20.8
x=8H y=6H	15.3	15.6	15.7	16.1	20.7	19.5	19.9	19.9	20.3	20.7
x=8H y=8H	15.2	15.5	15.7	16.0	20.7	19.5	19.8	19.9	20.2	20.7
x=8H y=12H	15.2	15.4	15.7	15.9	20.7	19.4	19.7	19.9	20.2	20.7
x=12H y=4H	15.3	15.7	15.7	16.1	20.8	19.5	20.0	20.0	20.4	20.8
x=12H y=6H	15.2	15.5	15.7	16.0	20.7	19.5	19.8	19.9	20.2	20.7
x=12H y=8H	15.2	15.4	15.6	15.9	20.7	19.4	19.7	19.9	20.2	20.7



Isolíneas

- 300.0 lx
- 400.0 lx
- 500.0 lx
- 600.0 lx
- 700.0 lx

CONDICIONES DE CÁLCULO

Local

Superficie	Altura	Grado de reflexión	Factor mantenimiento
40 m ²	3m	Techo 70% Paredes 60% Suelo 36 %	0.8

Luminaria

Modelo :LD-60102 LED 36 (1700mm)

Altura de montaje: 2m

Distancia entre luminarias : (Eje x) 3.3m

(Eje y) 2.4m

Resultado de los cálculos

Em [lx] : 656lx

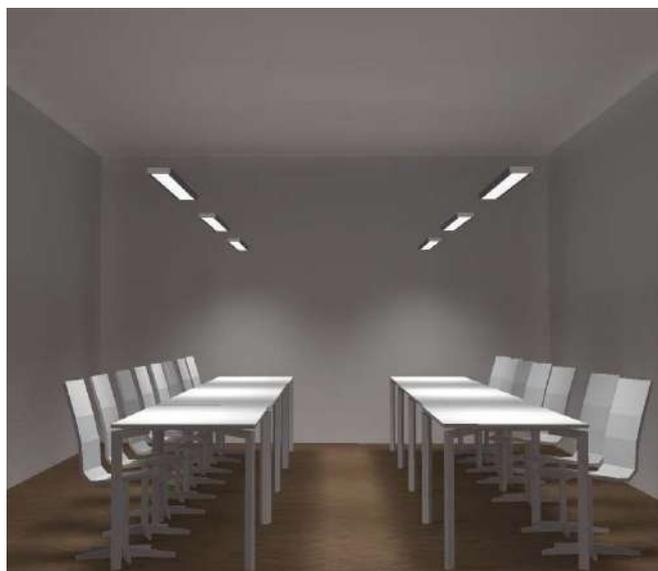
Altura plano de trabajo: 0.85

E_{min} / Em (uniformidad) :0.50

VEE : 5.54 W/m²

VEEI : 0.86 W/m²/100 lx

Potencia total : 221.4w



CoreLine Waterproof

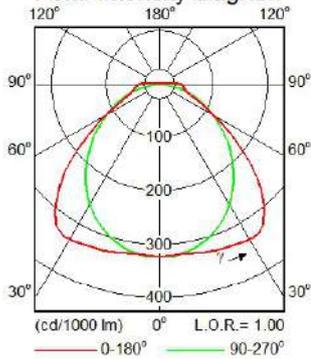
Luminaire : WT120C L1200 1xLED22S/840
 Total Lamp Flux : 2900 lm
 Light Output Ratio : 1.00
 Luminous Flux : 2900 lm
 Power : 24 W
 LxBxH : 1.21x0.09x0.08 m
 Ballast : -



WT120C L1200 1xLED22S/840

1 x 2900 lm

Polar intensity diagram



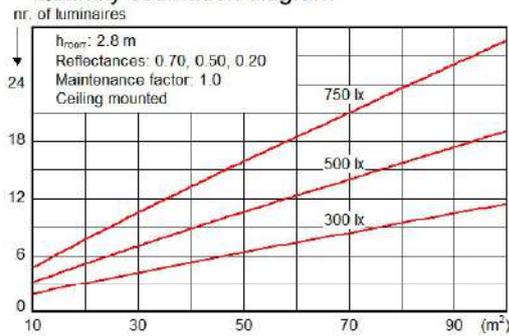
Light output ratio 1.00
 Service upward 0.03
 Service downward 0.97

CIE flux code 48 81 95 97 100

S/H ratio crosswise max. 1.8
 lengthwise max. 1.7

UGRcen (4Hx8H, 0.25H) 23
 UTE71-121: 0.97D + 0.03T

Quantity estimation diagram

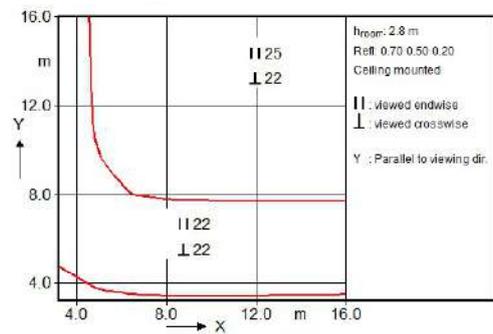


Utilisation factor table

Room Index k	Reflectances for ceiling, walls and working plane (CIE)											
	0.80 0.80	0.70 0.70	0.70 0.70	0.70 0.70	0.50 0.50	0.50 0.50	0.30 0.30	0.30 0.30	0.10 0.10	0.10 0.10	0.10 0.10	0.00 0.00
0.50	0.48	0.46	0.47	0.46	0.45	0.38	0.37	0.32	0.36	0.32	0.30	0.30
0.80	0.59	0.55	0.58	0.56	0.55	0.47	0.46	0.41	0.45	0.41	0.38	0.38
1.00	0.68	0.63	0.66	0.64	0.62	0.55	0.54	0.49	0.53	0.48	0.46	0.46
1.25	0.77	0.70	0.75	0.72	0.69	0.62	0.61	0.56	0.60	0.56	0.53	0.53
1.50	0.83	0.75	0.81	0.77	0.74	0.68	0.67	0.62	0.65	0.61	0.58	0.58
2.00	0.93	0.83	0.90	0.86	0.82	0.76	0.75	0.71	0.73	0.70	0.67	0.67
2.50	0.99	0.88	0.96	0.91	0.86	0.82	0.80	0.76	0.78	0.75	0.72	0.72
3.00	1.04	0.91	1.01	0.95	0.90	0.85	0.83	0.80	0.82	0.79	0.76	0.76
4.00	1.10	0.95	1.06	0.99	0.93	0.90	0.88	0.85	0.86	0.84	0.80	0.80
5.00	1.13	0.97	1.09	1.02	0.95	0.93	0.91	0.88	0.88	0.86	0.83	0.83

Ceiling mounted

UGR diagram



Luminance Table

Plane Cone	0.0	45.0	90.0
45.0	8348	9500	7785
50.0	7094	8008	7383
55.0	5706	7658	6968
60.0	4490	6072	6577
65.0	3610	4535	6201
70.0	3054	3377	5802
75.0	2816	2689	5266
80.0	2919	2349	4380
85.0	3289	2322	2975
90.0	3614	2507	3480

(cd/m²)

LWV1837800

2019-09-26



© 2018 Signify
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Signify or their respective owners.

www.lighting.philips.com

data subject to change

LEGRAND PLEXO

Base Enchufe Schuko 2P+T Estanco LEGRAND Plexo 069733



Parámetros técnicos

Tensión:	220-240V AC
Intensidad de Corriente:	16 A
Uso:	Interior-Exterior
Protección IP:	IP55
Instalación:	Superficie
Número de Polos:	2P+T
Garantía:	LEGRAND
Certificados:	CE & RoHS
Marca:	LEGRAND

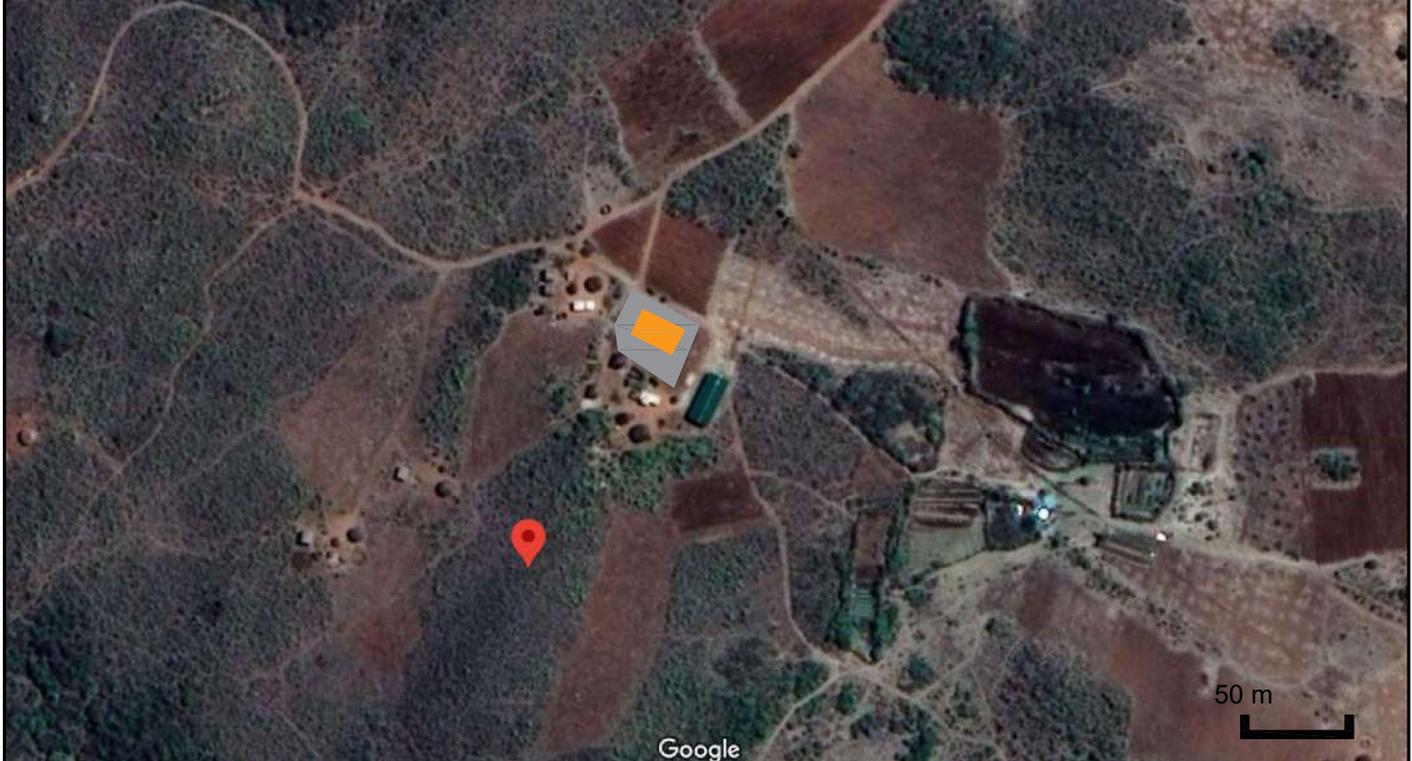
Descripción del producto

Bases de corriente - Gris - 16 A - 250 V $\sim\sim$ - 2P+T con contacto lateral de tierra - Bornes con tornillo Plexo - Mecanismos estancos IP 55 - monoblock - superficie - bases de corriente - Suministrados completos con 2 conos - placa sin encajar

Referencia: 069733

DOCUMENTO II:

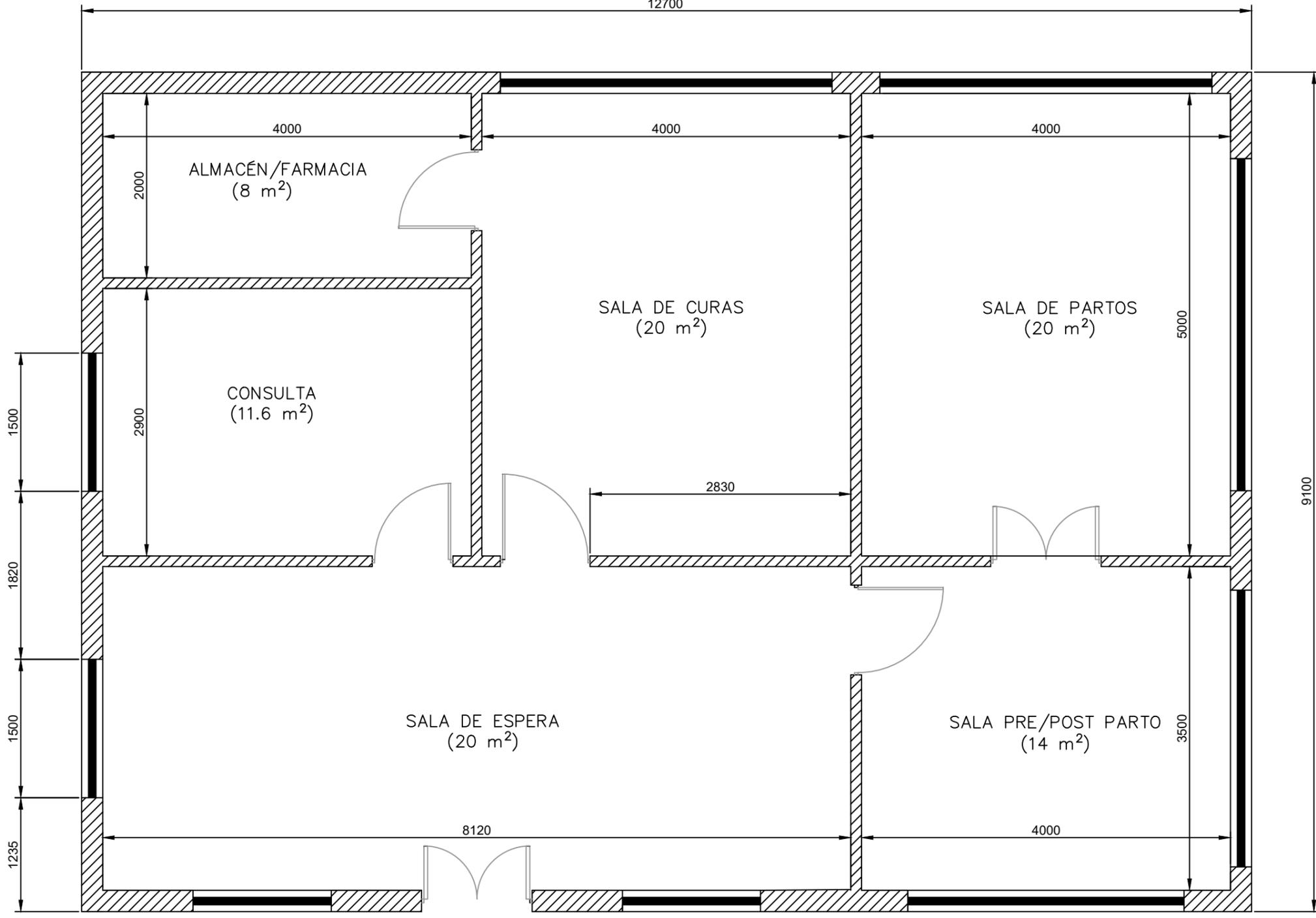
Planos



	Firma: 			Plano: SITUACIÓN		
	PROYECTO: Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabwe			Autor: Miguel López Asís Tutor: Manuel Moreno García		Matrial: —
			Escala: Indicada en plano	Fecha: 15/08/2020	N°: 1	

FACHADA SUR

12700

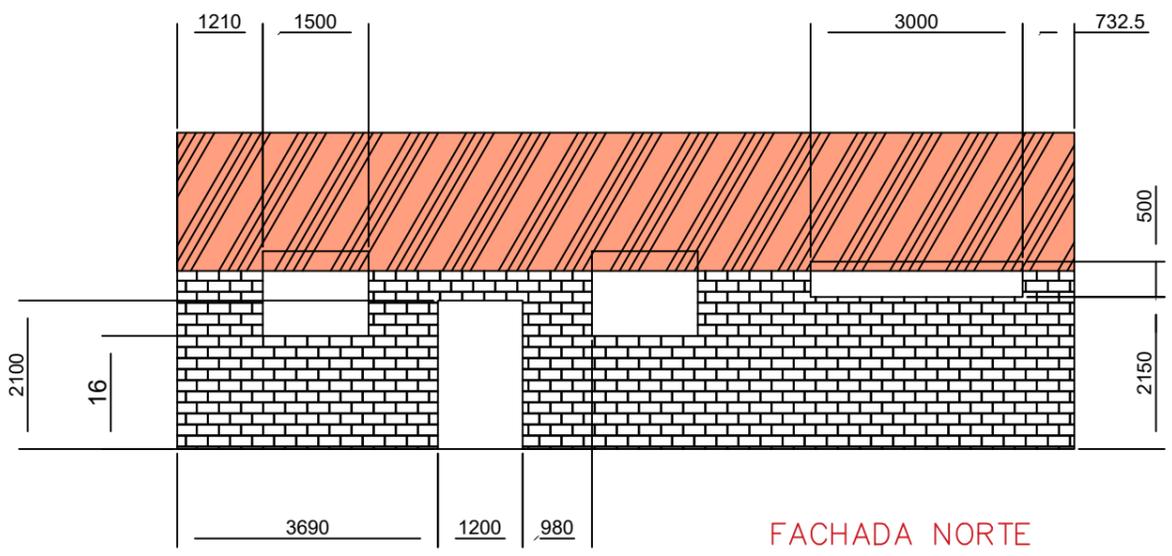


FACHADA OESTE

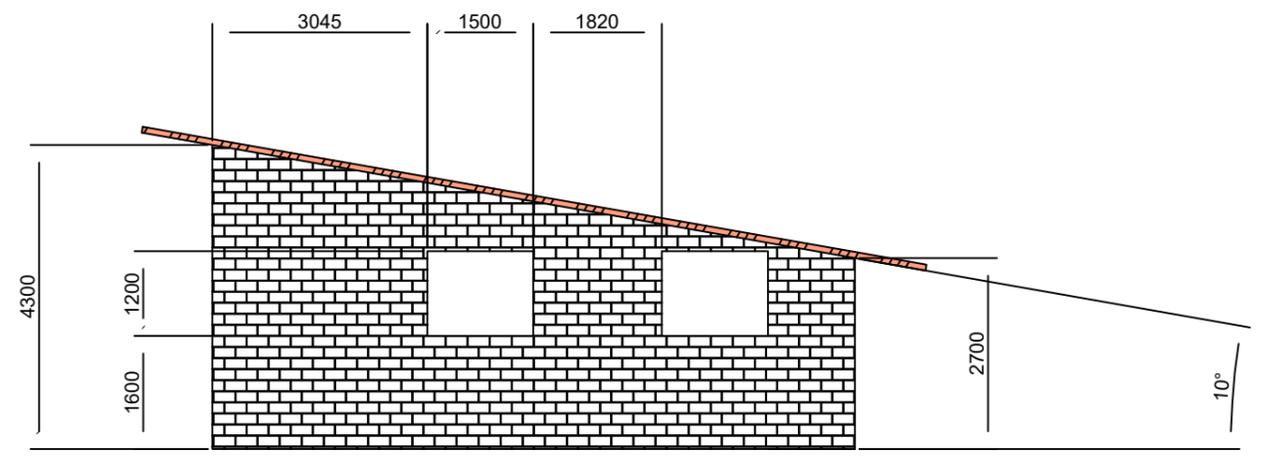
FACHADA OESTE

FACHADA NORTE

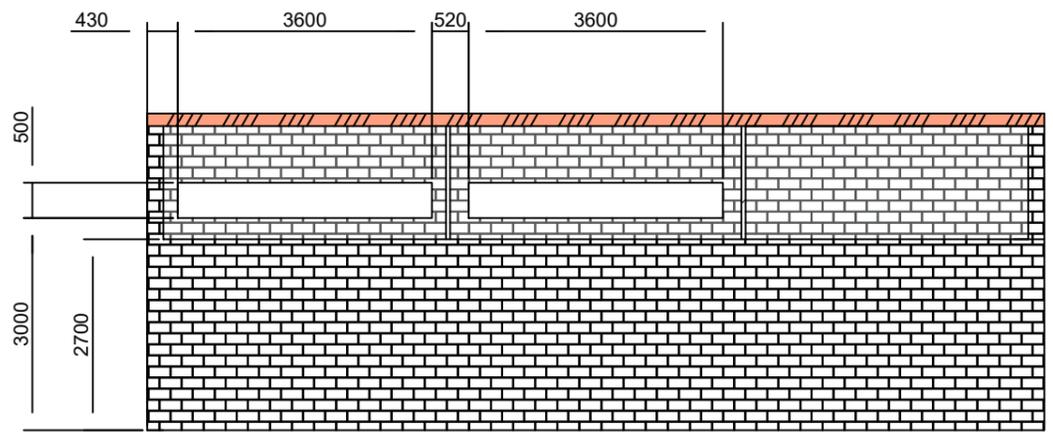
	Firma:		Plano:	DIMENSIONES DE PLANTA DE LA CLÍNICA		
	PROYECTO: CLÍNICA ASISTENCIA MÉDICA EN ZIMBABUE			Autor:	Miguel López Asís	
			Tutor:	Manuel Moreno García		
			Escala Gráfica:			
			Escala:	1: 50	Fecha:	15/06/2020
					N°:	2



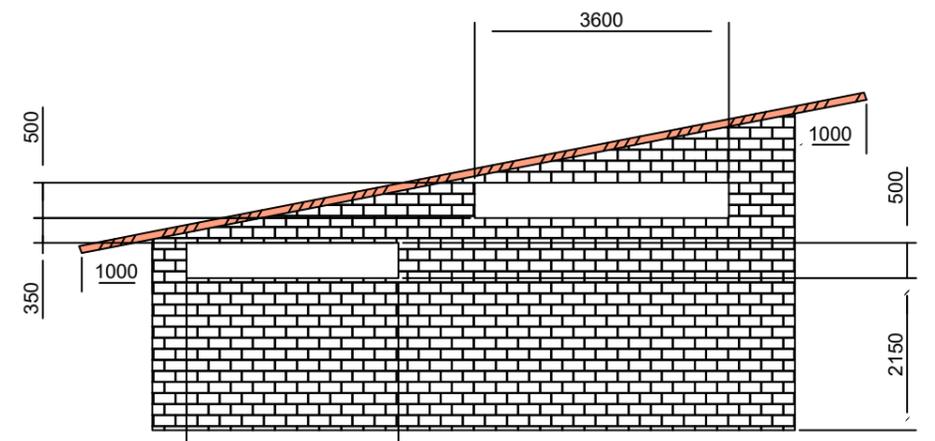
FACHADA NORTE



FACHADA ESTE



FACHADA SUR



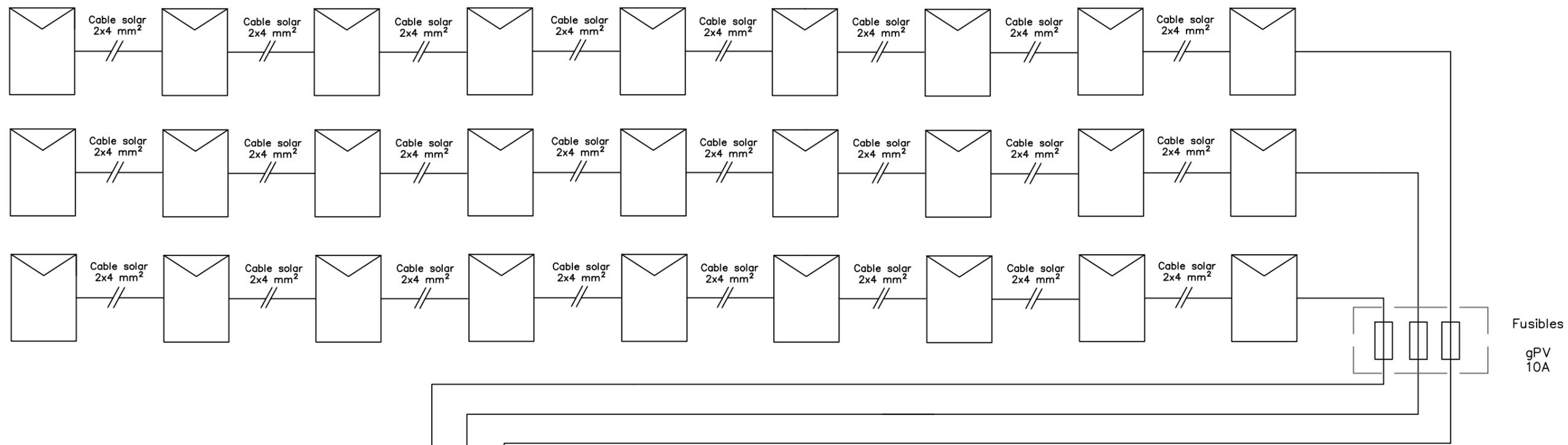
FACHADA OESTE

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

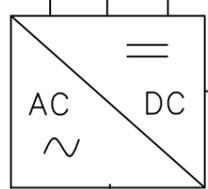
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

	Firma:		Plano:	ALZADOS DE LA CLÍNICA
	PROYECTO:	CLÍNICA ASISTENCIA MÉDICA EN ZIMBABUE		Autor:
			Tutor:	Manuel Moreno García
			Escala Gráfica:	
			Escala:	1:100
			Fecha:	15/06/2020
			N°:	3

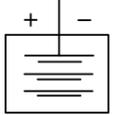
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



INVERSOR
Delta Electronics:
E8-TL-US



XLPE 2x 6mm²

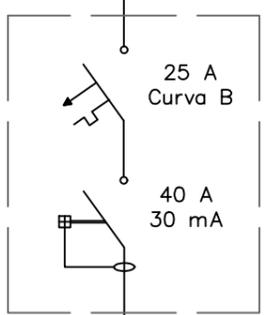


BATERÍA
Growatt:
ARK XH

XLPE 2x 1,5 mm²

XLPE 2x 2,5mm²

Cuadro
Protecciones
Instalación FV



Cuadro General
Clínica

NOTA
Detalles de conexión de los
elementos de la instalación, es
sus respectivas fichas técnicas.

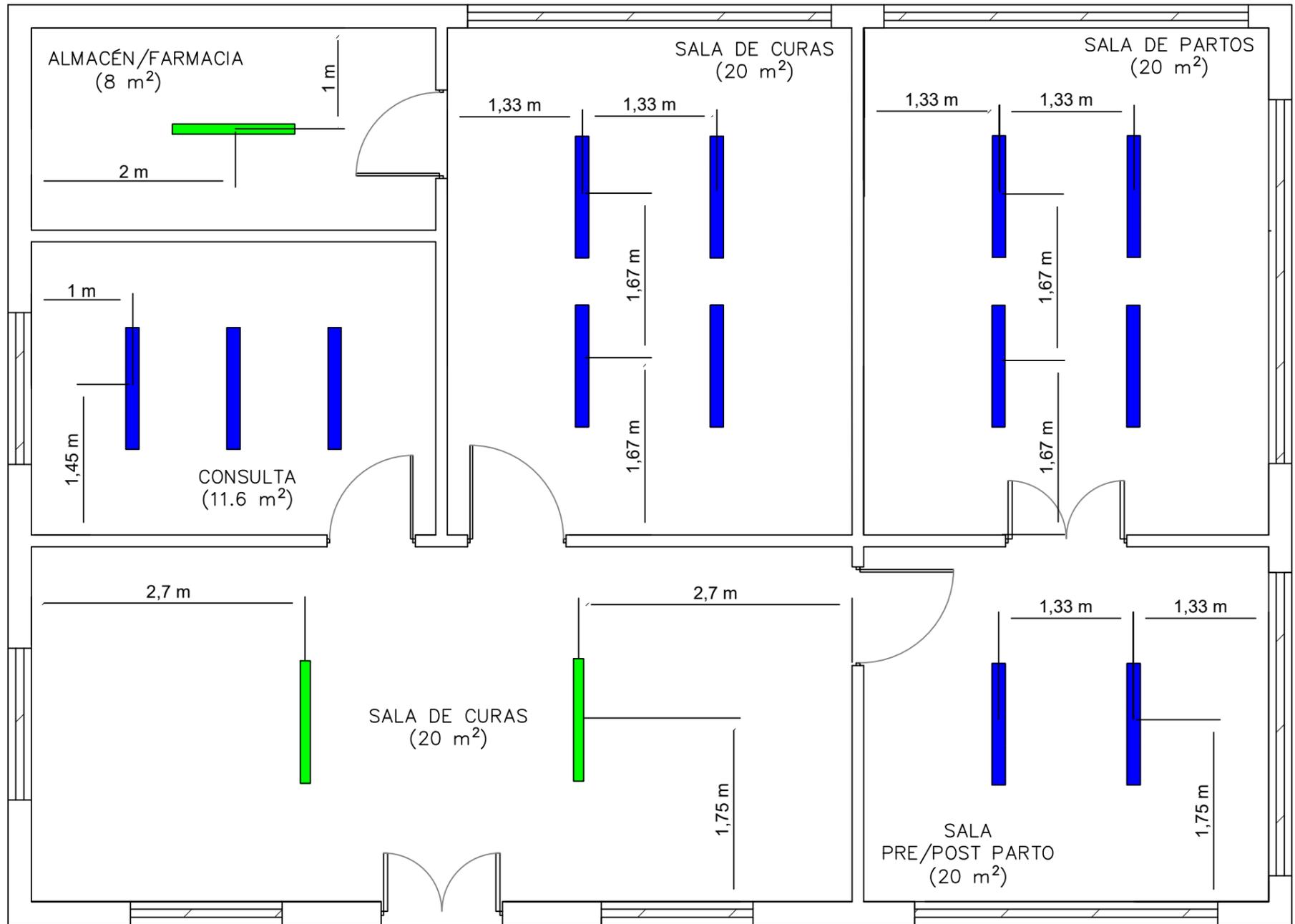
Logo of COMILLAS UNIVERSIDAD PONTIFICIA ICAI. A signature is written over the logo.

Plano: Esquema unifilar Instalación fotovoltaica

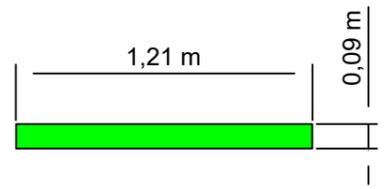
Autor: Miguel López Asís
Tutor: Manuel Moreno García

PROYECTO:
Plan de electrificación sostenible para
comunidad rural en Zimbabue

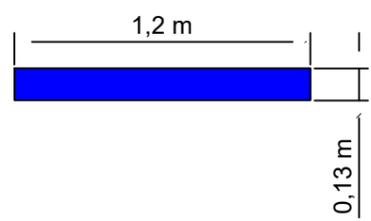
Escala: S/E	Fecha: 16/08/2022	N°: 4
----------------	----------------------	----------



Notas: MODELOS LUMINARIAS
CoreLine Waterproof WT120C L1200 1xLED22S/840



Trilux Mirona Fit TB LED13000-840 ETDD



NOTA
Todas las luminarias estarán situadas a una altura de 2,5 m respecto del suelo.

Logo of **COMILLAS** UNIVERSIDAD PONTIFICIA ICAI. Firma:

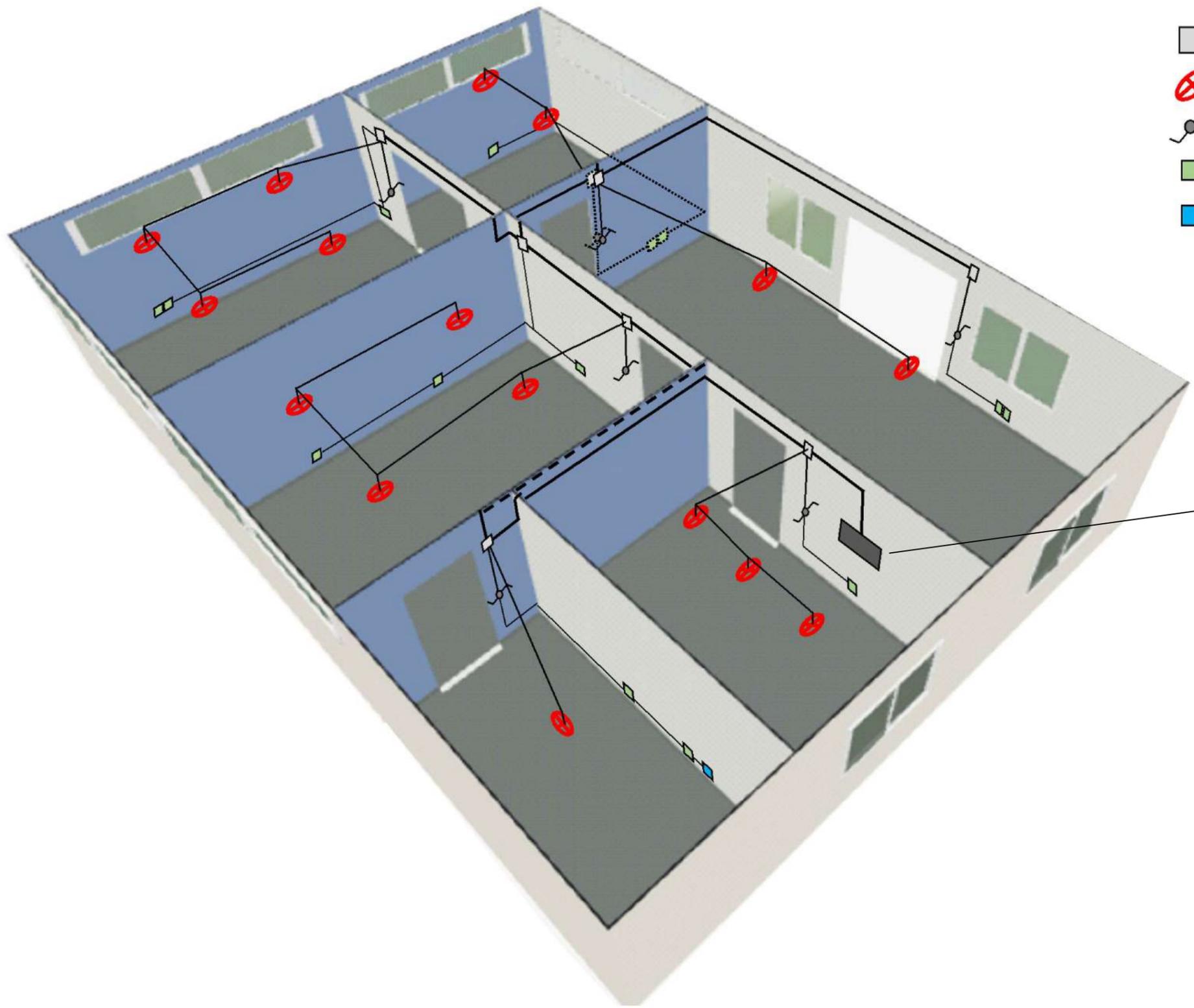
PROYECTO:
Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabue

Plano: SITUACIÓN LUMINARIAS

Autor: Miguel López Asís
Tutor: Manuel Moreno García



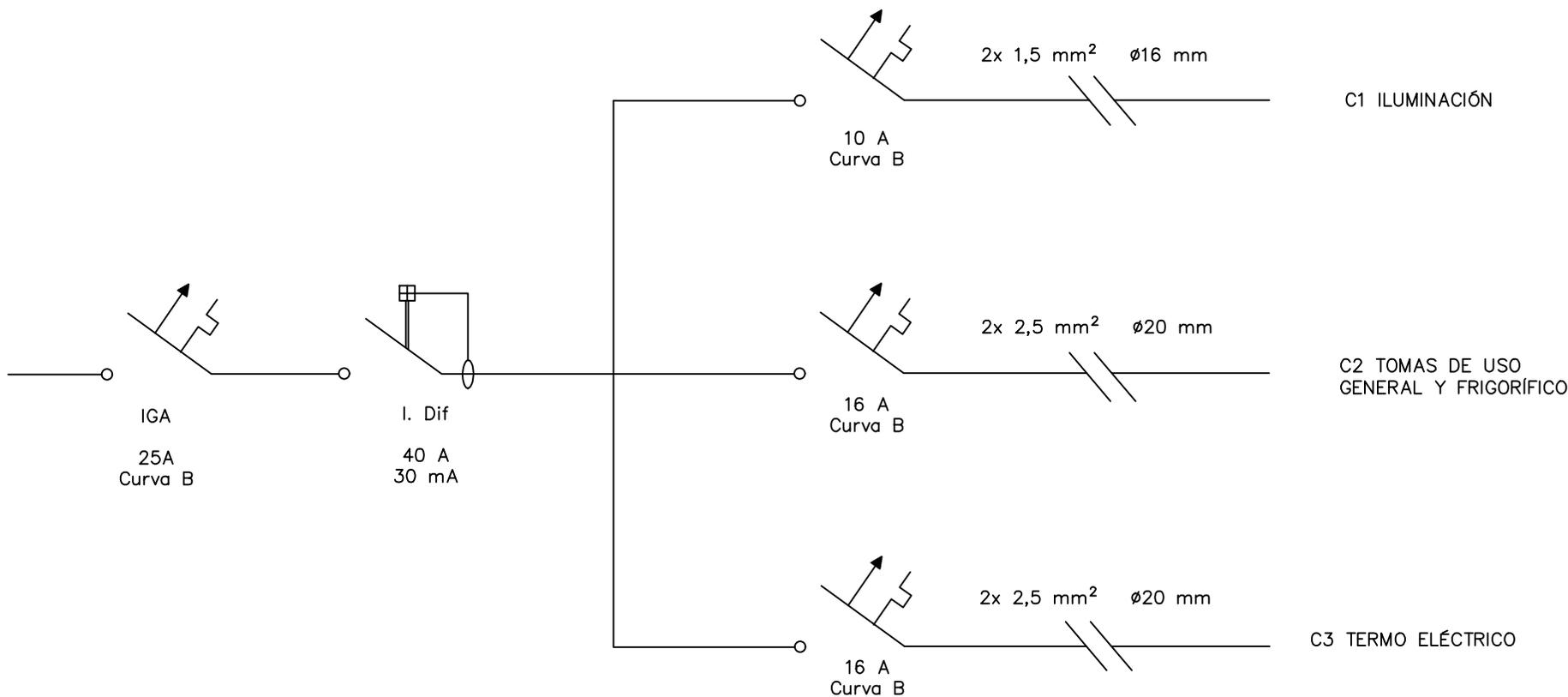
Escala: 1:50 Fecha: 06/08/2022 N°: 5



-  Cuadro de derivación
-  Luminaria
-  Interruptor luz (conmutador)
-  Enchufe C2
-  Enchufe C3

Cuadro de mando y protección

	Firma:			
	PROYECTO: Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabwe	Plano: Croquis 3D. Instalación eléctrica de la clínica	Autor: Miguel López Asís Tutor: Manuel Moreno García	
	Escala: S/E	Fecha: 16/08/2022	Nº: 6	



	Firma: 	Plano: Esquema unifilar Instalación fotovoltaica		
		Autor: Miguel López Asís		
PROYECTO: Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabwe		Tutor: Manuel Moreno García		
Escala: S/E	Fecha: 16/08/2022	Nº: 7		

DOCUMENTO III:

Mediciones y presupuesto

Se presenta en este documento una aproximación de los costes del proyecto de Plan de electrificación sostenible para comunidad rural en Zimbabwe. Debido al desconocimiento del mercado y proveedores en la región en cuestión de Zimbabwe, los costes unitarios utilizados se corresponden con los de España, lo que hace presuponer considerables diferencias con el coste real del proyecto. Se espera que dicho coste sea considerablemente menor debido al ahorro esperado en mano de obra, ya que se espera una elevada colaboración por parte de los habitantes de la comunidad.

Se ha utilizado la plataforma de generación de presupuestos de CYPE Ingenieros, S.A. para la elaboración de parte del presupuesto de la instalación eléctrica de la clínica.

Los costes de la instalación eléctrica se han dividido principalmente en:

- **Instalación de fotovoltaica**
 - Módulos
 - Inversor
 - Batería
 - Armario de conexiones
- **Instalación eléctrica de la clínica**
 - Puesta a tierra
 - Instalación eléctrica interior
 - Luminarias

IEF001 Ud Módulo solar fotovoltaico.

Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 320 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 34,02 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,42 A, tensión en circuito abierto (Voc) 41,27 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,99 A, eficiencia 19,29%, 120 células de 156x156 mm, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1675x992x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m², resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m², peso 18,48 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores. Incluso accesorios de montaje y material de conexionado eléctrico. El precio no incluye la estructura soporte.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35sol025aqA	Ud	Módulo solar fotovoltaico de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 320 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 34,02 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 9,42 A, tensión en circuito abierto (Voc) 41,27 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 9,99 A, eficiencia 19,29%, 120 células de 156x156 mm, vidrio exterior templado de 4 mm de espesor, capa adhesiva de etilvinilacetato (EVA), capa posterior de polifluoruro de vinilo, poliéster y polifluoruro de vinilo (TPT), marco de aluminio anodizado, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1675x992x35 mm, resistencia a la carga del viento 245 kg/m ² , resistencia a la carga de la nieve 551 kg/m ² , peso 18,48 kg, con caja de conexiones con diodos, cables y conectores.	1,000	124,16	124,16
			Subtotal materiales:		124,16
2		Mano de obra			
mo009	h	Oficial 1 ^a instalador de captadores solares.	0,360	20,48	7,37
mo108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	0,360	18,88	6,80
			Subtotal mano de obra:		14,17
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	138,33	2,77
Coste de mantenimiento decenal: 21,17€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		141,10
			Coste total (27 módulos)		3.809,70

IEF020 Ud Inversor fotovoltaico.

Inversor monofásico, potencia máxima de entrada 9 kW, voltaje de entrada máximo 600 Vcc, rango de voltaje de entrada de 210 a 500 Vcc, potencia nominal de salida 6 kW, potencia máxima de salida 6 kVA, eficiencia máxima 97%, dimensiones 435x176x470 mm, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus. Incluso accesorios necesarios para su correcta instalación.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Ud	Materiales Inversor monofásico, potencia máxima de entrada 9 kW, voltaje de entrada máximo 480 Vcc, rango de voltaje de entrada de 270 a 480 Vcc, potencia nominal de salida 7 kW, potencia máxima de salida 7 kVA, eficiencia máxima 97%, con comunicación vía Wi-Fi para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus.	1,000	1749,98	1749,98
				Subtotal materiales:	1749,98
2	h	Mano de obra Oficial 1ª electricista.	0,300	20,48	6,14
mo003	h	Ayudante electricista.	0,300	18,88	5,66
				Subtotal mano de obra:	11,80
3	%	Costes directos complementarios	2,000	1761,78	35,24
				Costes directos (1+2+3):	1797,02
Coste de mantenimiento decenal: 218,05€ en los primeros 10 años.					

IEF030 Ud Batería solar de litio

Batería solar de litio Growatt Ark XH 10,2 kWh de alto voltaje , potencia máxima de salida de 5KW y tensión de operación entre 360 -550V, de dimensiones 650x260x260mm, peso 15 kg, com posibilidad de incorporación de más módulos.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1	Ud	Materiales Batería solar de litio Growatt Ark XH 10,2 kWh de alto voltaje , potencia máxima de salida de 5KW y tensión de operación entre 360 -550V, de dimensiones 650x260x260mm, peso 15 kg, com posibilidad de incorporación de más módulos.	1,000	5106,39	5106,39
				Subtotal materiales:	5106,39
2	h	Mano de obra Oficial 1ª electricista.	0,200	20,48	4,10
mo003					
				Subtotal mano de obra:	4,10
3	%	Costes directos complementarios	2,000	5110,49	102,21
				Costes directos (1+2+3):	5212,70
Coste de mantenimiento decenal: 115,96€ en los primeros 10 años.					

IEF050 Ud Armario de conexiones.

Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 250x300x140 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10. Instalación en superficie.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35aeg010a	Ud	Armario monobloc de poliéster reforzado con fibra de vidrio, de 250x300x140 mm, color gris RAL 7035, con grados de protección IP66 e IK10.	1,000	42,80	42,80
Subtotal materiales:					42,80
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,199	20,48	4,08
mo102	h	Ayudante electricista.	0,199	18,88	3,76
Subtotal mano de obra:					7,84
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	50,64	1,01
Coste de mantenimiento decenal: 2,58€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		51,65

IEP021 Ud Toma de tierra con pica.

Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 1,5 m de longitud. El precio no incluye la excavación ni el relleno del trasdós.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35tte010a	Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 14 mm de diámetro y 1,5 m de longitud.	1,000	16,00	16,00
mt35ttc010b	m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	0,250	2,81	0,70
mt35tta040	Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,000	1,00	1,00
mt35tta010	Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	1,000	74,00	74,00
mt35tta030	Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	1,000	46,00	46,00
mt35tta060	Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	0,333	3,50	1,17
mt35www020	Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,000	1,15	1,15
Subtotal materiales:					140,02
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,250	20,48	5,12
mo102	h	Ayudante electricista.	0,250	18,88	4,72
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,001	18,69	0,02
Subtotal mano de obra:					9,86
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	149,88	3,00
Coste de mantenimiento decenal: 3,06€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		152,88

IEI040 Ud Instalación eléctrica interior para local.

Instalación eléctrica distribución interior para local de 120 m², compuesta de: cuadro general de mando y protección; circuitos interiores con cableado bajo tubo protector de PVC flexible: 1 circuito para alumbrado, 1 circuito para tomas de corriente, 1 circuito para termo eléctrico; mecanismos gama básica (tecla o tapa y marco: blanco; embellecedor: blanco).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cgm021abban	Ud	Interruptor general automático (IGA), de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 50 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1,000	64,81	64,81
mt35cgm029ah	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/300mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1.	1,000	91,27	91,27
mt35cgm029ab	Ud	Interruptor diferencial instantáneo, 2P/40A/30mA, de 2 módulos, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 61008-1.	1,000	93,73	93,73
mt35cgm021bbbab	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 10 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	1,000	12,43	12,43
mt35cgm021bbbad	Ud	Interruptor automático magnetotérmico, de 2 módulos, bipolar (2P), con 6 kA de poder de corte, de 16 A de intensidad nominal, curva C, incluso accesorios de montaje. Según UNE-EN 60898-1.	2,000	12,66	25,32
mt35aia010a	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	70,844	0,26	18,42
mt35caj020a	Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x105 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	2,000	1,79	3,58
mt35caj020b	Ud	Caja de derivación para empotrar de 105x165 mm, con grado de protección normal, regletas de conexión y tapa de registro.	6,000	2,29	13,74
mt35caj010a	Ud	Caja universal, con enlace por los 2 lados, para empotrar.	14,000	0,17	2,38
mt35caj010b	Ud	Caja universal, con enlace por los 4 lados, para empotrar.	10,000	0,21	2,10
mt35cun020b	m	Cable unipolar H07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1a,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	256,063	0,68	174,12
mt33seg111a	Ud	Doble interruptor, gama básica, con tecla doble y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	2,000	8,98	17,96
mt33seg101a	Ud	Interruptor bipolar, gama básica, con tecla bipolar y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	8,000	10,59	84,72

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

mt33seg107a	Ud	Base de enchufe de 16 A 2P+T, gama básica, con tapa y marco de 1 elemento de color blanco y embellecedor de color blanco.	14,000	6,22	87,08
mt35www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	2,000	1,48	2,96
			Subtotal materiales:		694,62
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	5,920	20,48	121,24
mo102	h	Ayudante electricista.	5,600	18,88	105,73
			Subtotal mano de obra:		226,97
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	921,59	18,43
Coste de mantenimiento decenal: 47,17€ en los primeros 10 años.			Costes directos		940,02
			(1+2+3):		

III150 Ud Luminaria suspendida. (Coreline Waterproo WTC120C L1200 1xLED22S/840)

Luminaria lineal, de 1200x130x30 mm, lámpara LED T5 de 55,6 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20. Incluso lámparas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Luminaria lineal, de 1200x130x30 mm, lámpara LED T5 de 55,6 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20.	1,000	134,20	134,20
			Subtotal materiales:		134,20
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,200	20,48	4,10
mo102	h	Ayudante electricista.	0,200	18,88	3,78
			Subtotal mano de obra:		7,88
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	142,08	2,84
Coste de mantenimiento decenal: 90,64€ en los primeros 10 años.			Costes directos		144,92
			(1+2+3):		
			Total (3 unidades)		434,76

III15 Ud Luminaria suspendida. (Liderlux LD-60102)
0

Luminaria lineal, de 1200x130x30 mm, lámpara LED T5 de 55,6 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20. Incluso lámparas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
	Ud	Luminaria lineal, de 1200x130x30 mm, lámpara LED T5 de 55,6 W, con cuerpo de luminaria formado por perfiles de aluminio extruido, acabado termoesmaltado de color gris RAL 9006; tapas finales; difusor opal de alta transmitancia; reflector interior acabado termoesmaltado, de color blanco; protección IP20.	1,000	105,69	105,69
Subtotal materiales:					105,69
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,200	20,48	4,10
mo102	h	Ayudante electricista.	0,200	18,88	3,78
Subtotal mano de obra:					7,88
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	113,57	2,27
Coste de mantenimiento decenal: 90,64€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3): 115,84
Total (13 unidades)					1505,92

Totales

El coste aproximado del total de la instalación según el presupuesto son unos **13.904,65 €**, de los cuales corresponden a mano de obra y costes complementarios un total 1.041,95 €.

En resumen, los costes estimados en cada uno de los apartados mencionados serán los siguientes

- Módulos fotovoltaicos: 3.809,70 €
- Inversor: 1.797,02 €
- Batería: 5.212,70 €
- Armario de conexiones: 51,65 €
- Toma de tierra: 152,88 €
- Instalación eléctrica interior: 940,02 €
- Luminarias: 1940,68 €

Hay que tener en cuenta que se han seleccionado luminarias de alto rendimiento y posiblemente a la hora de llevar a cabo el proyecto los proveedores locales no dispongan de este tipo de luminarias, obligando a sustituirlas por otras con menos prestaciones, pero también más económicas, abaratando esto los costes del proyecto.