



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

DISEÑO DE UNA COMUNIDAD DE ENERGÍA DE MÁS DE 500 PERSONAS PARA EXPLOTAR UNA MINI RED ELÉCTRICA HÍBRIDA AISLADA DE ENERGÍAS RENOVABLES DE 70 kW_p EN HONDURAS

AUTOR: JORGE VIGUER LLUESMA

TUTOR: TOMÁS GÓMEZ NAVARRO

COTUTOR: DAVID RIBÓ PÉREZ

Curso Académico: 2019-20

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre.

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es establecer un modelo óptimo de explotación de la instalación eléctrica, tanto a corto como a medio y largo plazo, garantizando, no solo la maximización en la obtención de los recursos energéticos sino, también, la sostenibilidad de la planta de energía y la red de distribución en el tiempo.

Se pretende que toda la población tenga acceso a la energía independientemente de los ingresos de los que dispongan. También tratar de preservar el punto óptimo de funcionamiento entre la vida útil de la instalación y la explotación de la misma. Además, se debe prever las posibles variaciones en el comportamiento de la población respecto al consumo para asegurar la inclusión del máximo número de variables en el estudio y así garantizar el cumplimiento de estos objetivos.

Para ello, se analizan todos los costes que pueden derivarse de la instalación y que la comunidad rural de El Santuario deberá hacer frente. Se establece un método de pago adecuado para el suministro eléctrico dados estos costes y las condiciones económicas de los habitantes de la comunidad tras haber estudiado y definido los consumos individuales y agregados esperados por parte de los usuarios. Finalmente, se exponen las conclusiones alcanzadas.

Palabras Clave: Mini red eléctrica híbrida, energías renovables, sostenibilidad, demanda de electricidad, costes, comunidades rurales aisladas.

RESUM

L'objectiu d'aquest projecte és establir un model òptim d'explotació de la instal·lació elèctrica, tant a curt com a mig i llarg termini, garantint, no només la maximització en l'obtenció dels recursos energètics sinó, també, la sostenibilitat de la planta d'energia i la xarxa de distribució en el temps.

Es desitja que tota la població tinga accés a l'energia independentment dels ingressos dels que disposen. També tractar de preservar el punt òptim de funcionament entre la vida útil de la instal·lació i l'explotació de la mateixa. A més a més, hem de preveure les possibles variacions en el comportament de la població respecte al consum per a assegurar la inclusió del màxim nombre de variables en l'estudi i així garantir el compliment d'aquests objectius.

Amb aquesta finalitat, s'analitzen tots els costos que poden derivar-se de la instal·lació i que la comunitat rural de El Santuario deurà fe front. S'estableix un mètode de pagament adequat per al subministrament elèctric donats aquests costos i les condicions econòmiques dels habitants de la comunitat després d'haver estudiat i definit els consums individuals i agregats esperats per part del usuari. Finalment, s'exposen les conclusions a les que s'ha arribat.

Paraules clau: Mini xarxa elèctrica híbrida, energies renovables, sostenibilitat, demanda d'electricitat, costos, comunitats rurals aïllades.

ABSTRACT

The aim of this project is to establish an optimal functional model of the electric installation in the short, medium and the long term, ensuring not only the maximization in the energetic resources' obtaining but also the energy plant's sustainability and the time net distribution.

We want the whole town to have full access to the energy net no matter the amount of income they have. Besides, our purpose is to preserve the optimal running point between the installation's lifetime and its exploitation. In addition, we must be aware of the feasible variations in the consumers' behavior related to their purchase in order to control as much variables as possible in the study so we stand behind the achievement of these objectives.

For this, all the costs that may arise from the installation and that the rural community of El Santuario will have to face are analyzed. An adequate payment method is established for the electricity supply given these costs and the economic conditions of the inhabitants of the community after having studied and defined the individual and aggregate consumption expected by the users. Finally, the conclusions reached are presented.

Keywords: Mini hybrid power grid, renewable energies, sustainability, electrical demand, costs, isolated rural area.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	10
LISTA DE ABREVIACIONES	11

DOCUMENTO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1 Objetivo del trabajo	13
1.2 Metodología	13
2. IMPORTANCIA DE LA ELECTRICIDAD	14
2.1 Acceso a la electricidad	14
2.3 Relación de la electricidad con el PIB.....	15
2.4 Problemáticas derivadas de la producción y la distribución de la electricidad	16
2.4.1 Problema 1	16
2.4.2 Problema 2	17
2.4.3 Problema 3	18
3. CONTEXTO ACCESO ELECTRICIDAD A ESCALA MUNDIAL.....	19
3.1 Objetivos Desarrollo Sostenible	19
3.2 Índice de Desarrollo Humano.....	21
4. ESTUDIO DE HONDURAS	23
4.1 Contexto general Honduras	23
4.2 Contexto rural Honduras.....	23
4.2.1 Pobreza.....	23
4.2.2 Acceso a servicios básicos	26
4.2.2.1 Acceso a agua.....	26
4.2.2.2 Acceso a educación	26

4.3 Estructura geográfica departamentos	29
4.3.1 El Santuario	29
4.3.1.1 Educación	30
4.3.1.2 Salud.....	30
4.3.1.3 Vivienda.....	31
4.3.1.4 Gestión y Estructura	31
5. ESTUDIO GEOGRÁFICO Y CLIMÁTICO	32
6. ESTUDIO ENERGÉTICO.....	35
7. CONTEXTUALIZACIÓN DEL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA PLANTA	39
7.1 Curva de demanda	39
7.1.1 Estimación de consumos.....	39
7.1.2 Diseño de la curva	42
7.1.3 Fuente de energía escogida para la generación de electricidad.....	43
7.2 Dimensionado de la instalación	44
8. ANÁLISIS DE LOS COSTES.....	48
8.1 Amortización	48
8.2 Mantenimiento	49
8.2.1 Baterías.....	50
8.2.2 Paneles fotovoltaicos	50
8.2.3 Inversores y gestores	51
8.2.4 Estructura de soporte.....	51
8.2.5 Gasificador.....	52
8.2.6 Triturador	53
8.2.7 Cableado.....	54
8.2.8 Protecciones.....	54
8.2.9 Medición de contadores	55
8.2.10 Factores condicionantes a tener en cuenta	55
8.2.10.1 Conocimiento y experiencia previa.....	56
8.2.10.2 Productividad	56
8.2.11 Encargado de las tareas de mantenimiento	58
8.2.11.1 Posibles remuneraciones	58
8.2.11.2 Remuneración escogida	59
8.3 COSTES TOTALES DE LA INSTALACIÓN	60

9.	CONSUMOS	62
9.1	Diferentes tipos y horarios de consumo	62
9.2	Estudio demanda esperada y curvas de consumo	62
9.2.1	Criterio de estacionalidad	64
9.2.2	Criterio de forma de la curva	64
9.2.3	Criterio de cantidad de consumo	65
9.2.4	Curvas de consumo personalizadas	65
10.	COSTES DE CONSUMO	73
10.1	Aclaraciones	73
10.2	Formas de pago disponibles.....	73
10.2.1	Problemáticas derivadas de las formas de pago.....	74
10.2.2	Pago con dinero.....	74
10.2.2.1	Primer tramo	74
10.2.2.2	Segundo tramo.....	75
10.2.2.3	Tercer tramo.....	75
10.2.3	Pago con materia prima	77
10.2.4	Pago con mano de obra	77
10.3	Costes de consumo estructurados por tramos y formas de pago	78
11.	SITUACIONES HIPÓTETICAS FUTURAS.....	79
11.1	Variaciones en horario de la demanda	79
11.2	Variaciones en la demanda total.....	79
12.	CONCLUSIONES	81
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	83

DOCUMENTO II: PRESUPUESTO

1.	PRESUPUESTO	87
1.1	Recursos Humanos	87
1.2	Amortización de equipos.....	87
1.3	Resumen Presupuesto.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de la población mundial con acceso a la electricidad (BM, 2018).....	15
Figura 2: Relación entre el PIB per cápita y el acceso a la electricidad por países (Oxford, 2016).....	16
Figura 3: Cantidad de electricidad generada en función de la fuente de energía (BP Statistical Review of Global Energy, 2019)	17
Figura 4: Localización de Honduras (Google Maps, 2020).....	23
Figura 5: Porcentaje de la población hondureña que vive en zonas rurales (BM, 2018)	24
Figura 6: Personas que viven en hogares con ingresos per cápita de un dólar o menos por día (INE, 2017).....	25
Figura 7: Principales fuentes de agua en las viviendas (INE, 2017)	26
Figura 8: Porcentaje de alfabetización entre la población hondureña mayor de 14 años (UNESCO, 2018).....	27
Figura 9: Mayores tasas de abandono escolar de los países latinoamericanos y caribeños (BBC, 2018)	28
Figura 10: Tasas de analfabetismo y años de estudio promedio de la población de Honduras clasificado geográficamente (INE, 2017).....	28
Figura 11: Localización del departamento de Choluteca en Honduras (Espacio Honduras, 2020).....	29
Figura 12: Distribución por municipios del departamento de Choluteca (Espacio Honduras, 2020)	30
Figura 13: Casa de adobe tipo de la comunidad de El Santuario (TFG Andreu Pons Castells, 2019)	31
Figura 14: Impactos de El Niño durante el período invernal y estival (Informe Nexus Cambio climático y medio ambiente, 2016).....	33
Figura 15: Evolución de la capacidad instalada pública y privada (ENEE, 2016)	36
Figura 16: Evolución de la capacidad instalada total en Honduras (ENEE, 2016).....	36
Figura 17: Número de personas sin acceso a la electricidad por países en el año 1990 (Oxford, 2016)	37
Figura 18: Número de personas sin acceso a electricidad por países en el año 2016 (Oxford, 2016)	37
Figura 19: Curva de carga esperada de la comunidad rural de El Santuario. Elaborado a partir del TFM (Pons Castell, 2019).....	43
Figura 20: Productividad por hora trabajada por países en este siglo (Oxford, 2018).....	57

Figura 21: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Mayor.....	65
Figura 22: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Mayor	66
Figura 23: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Igual.....	66
Figura 24: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Mayor	67
Figura 25: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Menor	67
Figura 26: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Menor.....	68
Figura 27: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Menor.....	68
Figura 28: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Menor	69
Figura 29: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Igual	69
Figura 30: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Igual	70
Figura 31: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Igual.....	70
Figura 32: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Mayor	71

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Índice de Desarrollo Humano (PNUD, 2019).....	22
Tabla 2: Factores de uso de los consumos residenciales esperados por horas y en función de a qué se destina. Elaborada a partir del TFM (Herraiz Cañete, 2019)	40
Tabla 3: Estimación consumos esperados residenciales. Elaborada a partir del TFM (Pons Castell, 2019).....	40
Tabla 4: Estimación consumos esperados comunitarios. Elaborada a partir del TFM (Pons Castell, 2019).....	41
Tabla 5: Factores de uso de los consumos comunitarios esperados por horas y en función de a qué se destina. Elaborada a partir del TFM (Herraiz Cañete, 2019)	41
Tabla 6: Costes de amortización de la instalación. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.	49
Tabla 7: Instrucciones de las tareas de mantenimiento del gasificador (All Power Labs, 2018)	53
Tabla 8: Tiempos dedicados al mantenimiento de los diferentes elementos de la instalación .	55
Tabla 9: Costes de mantenimiento en función del salario del encargado de dichas tareas. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.	59
Tabla 10: Opciones disponibles de los costes anuales totales de la instalación. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.	60
Tabla 11: Diferentes demandas al día en función del tipo y el horario en el que se consume ..	62
Tabla 12: Consumo esperado por hora por parte de toda la comunidad y consumo medio de cinco y seis usuarios por hora	64
Tabla 13: Curvas consumo esperado de los doce tipos de usuarios	72
Tabla 14: Resumen del precio de los costes de consumo por tramos y horarios.	78
Tabla 15: Coste destinado a los recursos humanos.....	87
Tabla 16: Coste requerido para la amortización de equipos	87
Tabla 17: Coste total del proyecto	88

LISTA DE ABREVIACIONES

IIE: Instituto de Ingeniería Energética de la Universidad Politécnica de Valencia

ACICAFOC: Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria Centroamericana

BM: Banco Mundial

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODM: Objetivos de Desarrollo del Milenio

IDH: Índice de Desarrollo Humano

INE: Instituto Nacional de Estadística (Honduras)

EPHPM: Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples

CSC: Corredor seco centroamericano

CNEE: Comisión Nacional de Energía Eléctrica

DOCUMENTO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo del trabajo

El objetivo de este trabajo es favorecer el aumento de las capacidades de desarrollo de las que disponen las comunidades rurales a partir de la electrificación de las mismas, a la par que evitar la generación de más contaminación en el planeta a causa de las formas de obtención de la energía. En concreto, el presente TFG aborda la cuestión de la gestión y el mantenimiento de la instalación, previamente diseñada, del proyecto desarrollado por el IIE que surge a raíz del acuerdo alcanzado por la FAO, la ACICAFOC y la propia Universidad Politécnica de Valencia entre otros que se va a llevar a cabo en la comunidad rural de El Santuario en el departamento de Choluteca en Honduras.

El proyecto se basa en la instalación y puesta en marcha de una mini red híbrida de energías renovables en la cual se pretende establecer un modelo de consumo basado en el concepto de “prosumidores”, es decir, los propios usuarios de la instalación son los únicos encargados y responsables tanto del mantenimiento de la instalación como de los recursos producidos por ella.

Con el fin de garantizar una práctica adecuada que asegure la continuada autofinanciación y, por tanto, la viabilidad en el largo plazo del proyecto, se ha procedido a analizar los diferentes costes que tiene la instalación. Desde los gastos que supone el mantenimiento de la misma, hasta la amortización y los costes de reposición de los elementos de la instalación, se han tratado de esclarecer cuáles serán los fondos que deberían disponerse por parte de los prosumidores con el objetivo de financiar dichos costes. Para ello, se ha profundizado en el estudio de la demanda esperada por parte de la comunidad rural de El Santuario analizando las variables que pueden derivarse de la misma para así esclarecer de qué manera y con qué cantidades sería mejor recolectar los pagos de los usuarios del nuevo servicio del suministro eléctrico.

Una vez se haya definido la que se considera la mejor alternativa tanto para la sostenibilidad del proyecto como para el bienestar socioeconómico de los usuarios, se han presentado los posibles futuribles que podrían derivarse del contexto inicial alterando el equilibrio de los consumidores y la instalación. Tras ser presentados, se ha desarrollado a qué se deberían estas hipotéticas modificaciones y no solo cómo afectarían al progreso del proyecto sino también como podrían paliarse las consecuencias negativas que de ellas se derivan.

Por último, se han expuesto las conclusiones obtenidas tras todo el estudio realizado de manera que se remarcan los aspectos más relevantes del mismo y las claves para el adecuado desenlace en la práctica del proyecto.

1.2 Metodología

La metodología empleada en este trabajo de fin de grado será la siguiente:

- i) Se determinará la importancia de la electricidad para las personas de las zonas rurales y, en particular, para los habitantes de la comunidad rural de El Santuario, junto con las características socioeconómicas de los mismos, relacionándola con la respectiva contextualización de la situación hondureña en los aspectos sociales, energéticos y climáticos.

- ii) Se estudiará la problemática del mantenimiento y la gestión de las mini redes híbridas en zonas rurales aisladas de países en vías de desarrollo, en concreto la comunidad rural de El Santuario en Honduras.
- iii) Se analizarán los costes de la instalación con el fin de prever los futuros desembolsos económicos que deberán realizar los habitantes de la comunidad para que su funcionamiento perdure en el tiempo.
- iv) Se definirá cuál es la mejor manera, dados los diferentes recursos económicos de los individuos de la población y sus necesidades, de establecer la relación habitante-consumo-coste de dicha electricidad en un modelo de prosumidores.
- v) Se establecerán diversos escenarios de consumo de electricidad individual y agregado. Para cada escenario, determinar la estructura de tarifas eléctricas horarias, el reparto de coste fijo y coste variable, el diseño del sistema de gestión de pagos en base a los datos del monitoreo de la red, monetizar las formas de pago: moneda local, horas de trabajo, combustible para el gasificador, etc.
- vi) Se estudiarán los hipotéticos futuribles en los que puede desembocar la explotación de la instalación y se darán las soluciones pertinentes para resolver los nuevos problemas generados a partir de estos.
- vii) Se expondrán los resultados obtenidos junto con las conclusiones alcanzadas.

2. IMPORTANCIA DE LA ELECTRICIDAD

2.1 Acceso a la electricidad

El acceso a la electricidad es uno de los factores más importantes y decisivos de los que disponen las personas a la hora de desarrollarse y progresar. Sus capacidades potenciadoras y dinamizadoras de las sociedades van desde facilitar la comunicación entre personas, hasta la obtención de información de manera rápida y sencilla o la mecanización de trabajos que permiten diversificar y ser más eficientes en los procesos productivos. La electricidad, y por ende el acceso a fuentes de energía que nos permitan conseguirla, son un objetivo clave en la búsqueda del avance y la mejora del bienestar tanto de los individuos en particular, como de la comunidad a la que estos pertenecen.

El concepto que define las carencias que se generan en la vida de una persona en el instante en el que tiene un acceso muy escaso a la electricidad o, en el caso más extremo, la disponibilidad de este recurso es directamente nula, fue acuñado por primera vez por la investigadora británica Brenda Boardman con el término “pobreza energética”, y definido como “the inability to afford adequate warmth because of the inefficiency of the home” (Boardman, 1991, p.219).

El siguiente gráfico Banco Mundial hace referencia al caso más grave de pobreza energética y, si bien es cierto que en él puede verse como el porcentaje de población a escala global que carece de acceso a la electricidad se reduce cada año, las cifras siguen siendo desorbitadas. La cantidad de personas que continúan aisladas de suministro eléctrico en sus casas es de alrededor de 840 millones de personas, es decir, más del 10% de la población mundial.

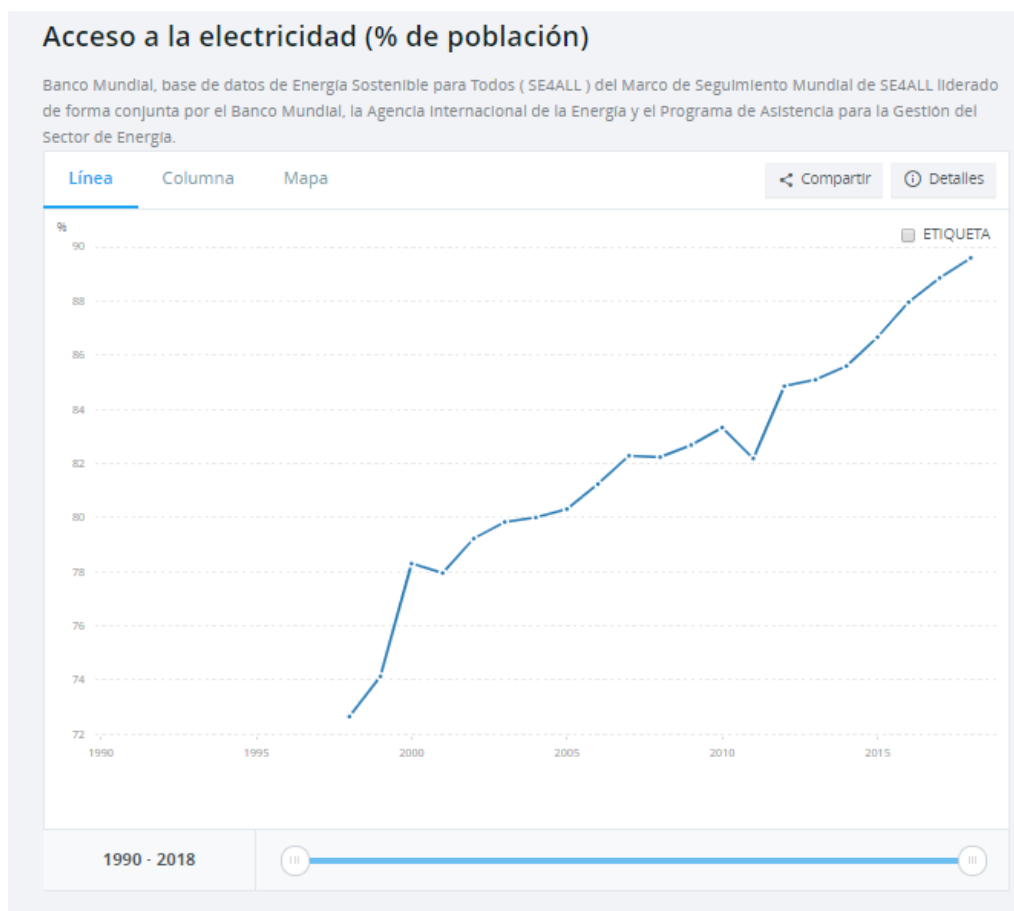


Figura 1: Porcentaje de la población mundial con acceso a la electricidad (BM, 2018)

2.3 Relación de la electricidad con el PIB

Si bien es cierto que, llegado a un punto donde la utilización de la electricidad por parte de las sociedades es muy alta y la relación que existe entre el crecimiento del PIB de un país y la cantidad de energía a la que sus ciudadanos tienen acceso se debilita por la mala praxis de los consumidores o de las prácticas que se desarrollan con ella, se puede afirmar sin duda alguna que existe una relación directa entre ambos indicadores. El acceso al suministro eléctrico genera bienestar. Esta potenciación de la creación de riqueza en el país gracias a la electricidad se debe principalmente a las oportunidades para optimizar los procesos productivos. Al mismo tiempo, el acceso al suministro eléctrico en los hogares dota a las personas de una mejor calidad de vida que se traduce en una población más formada y sana. Al existir una relación de reciprocidad entre estas y los procesos productivos, pues son los individuos los que los realizan, el crecimiento del PIB crece sustancialmente.

El siguiente gráfico ejemplifica este hecho. Se han destacado países muy diversos, entre ellos Honduras, y así corroborar que, independientemente de otros factores, el acceso a la electricidad fomenta el crecimiento económico del país.

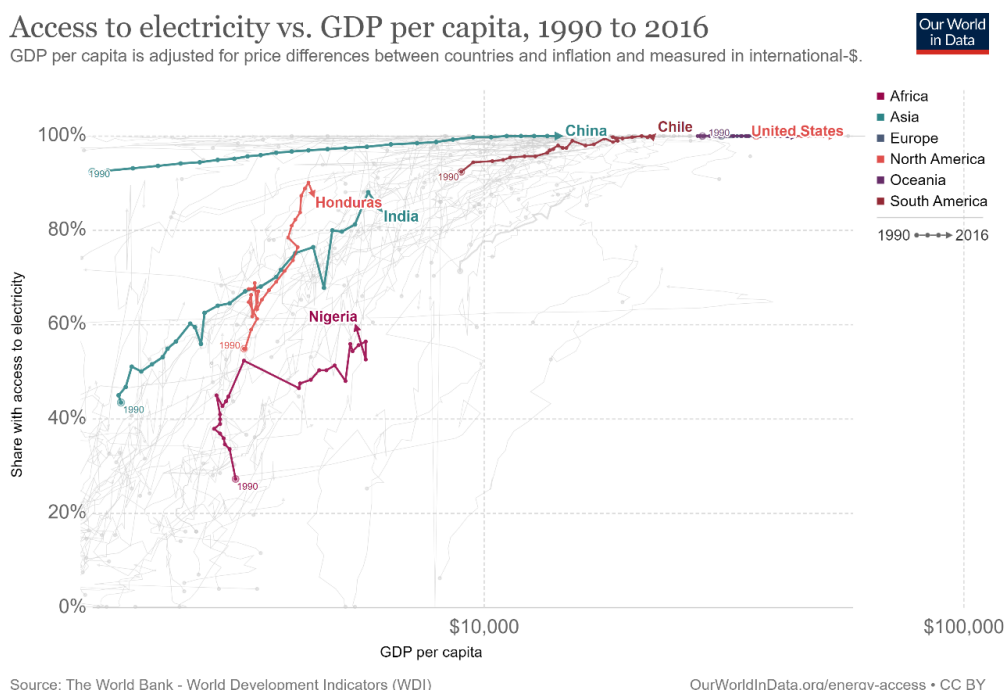


Figura 2: Relación entre el PIB per cápita y el acceso a la electricidad por países (Oxford, 2016)

2.4 Problemáticas derivadas de la producción y la distribución de la electricidad

Sin embargo, tanto producir como distribuir la energía conlleva inconvenientes que son necesarios paliar en todas las etapas del proceso, desde la generación de la electricidad hasta incluso una vez producida.

Los principales problemas a resolver son tres: el perjuicio al medio ambiente, la sostenibilidad y mantenimiento de la instalación que produce y suministra la electricidad y la desigualdad generada por el distinto acceso de las personas a la misma.

Mientras que el primero de los inconvenientes se paliará con el diseño de la instalación y el tercero de ellos gracias a la ejecución final del proyecto, en este trabajo se profundizará en mayor medida en segundo problema de manera que se aporten medidas concretas que ayuden a solventarlos en el caso concreto de la instalación de la comunidad rural de El Santuario.

2.4.1 Problema 1

El primero de los problemas que surge cuando de obtener electricidad se trata, es la manera en la que la conseguimos. En función del tipo de energía que utilicemos, es decir, dependiendo de si es una energía renovable o una energía no renovable, el daño que se infringe sobre el medio ambiente debido a la contaminación varía sustancialmente. Es por este motivo, por lo que es fundamental, y más actualmente, dada la grave situación en la que nos encontramos en cuanto a cambio climático y catástrofes naturales provocadas por el mismo se refiere, que se dé un cambio radical en la manera en la que no solo consumimos la energía sino también en la manera en la que la producimos.

Es necesaria una transición ecológica en el sector de las energías hacia la utilización de fuentes de energías renovables.

En los últimos años, la concienciación respecto a este problema ha sido cada vez mayor. Sin embargo, la balanza entre las energías renovables y las no renovables utilizadas para la generación de energía sigue sin encontrarse vencida hacia las primeras, sino todo lo contrario.

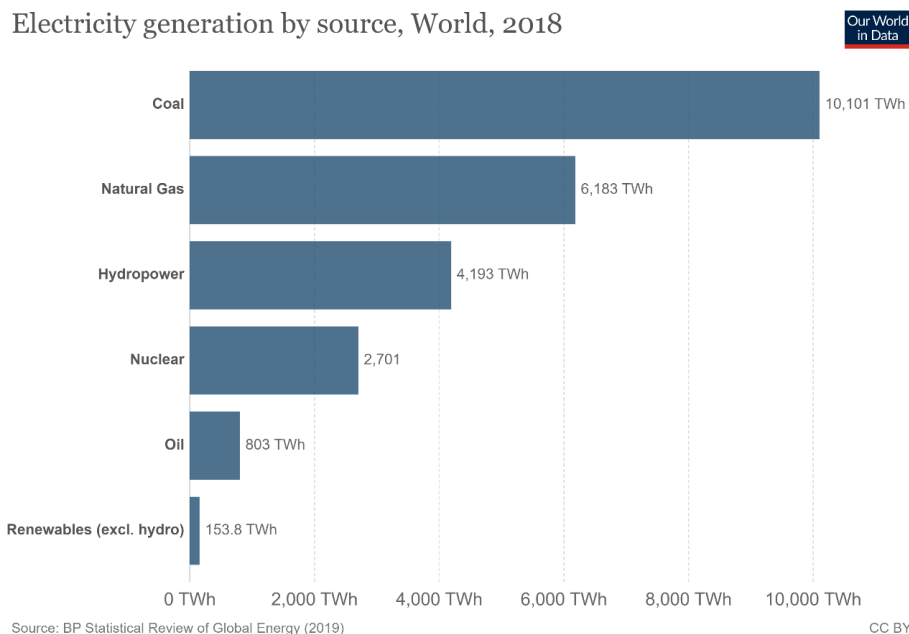


Figura 3: Cantidad de electricidad generada en función de la fuente de energía (BP Statistical Review of Global Energy, 2019)

En el caso concreto de este proyecto, la instalación diseñada basa principalmente la generación de la electricidad a partir de la energía fotovoltaica. De esta manera, a través de esta energía renovable se consigue evitar al máximo posible ser partícipe de las emisiones contaminantes generadas en el planeta.

2.4.2 Problema 2

En segundo lugar, una vez ya se ha obtenido la energía, se ha transformado en electricidad y se ha suministrado a los destinatarios surge un inconveniente nuevo: los costes económicos que esta práctica conlleva. Generar electricidad tiene unos costes de producción, mantenimiento y, por ende, de gestión que hay que subsanar para garantizar el funcionamiento de la instalación.

Los beneficiarios de este recurso deben hacerse cargo de los costes generados por su uso de manera que el suministro de la electricidad no sea vea interrumpido por ningún motivo de índole económica. Generalmente, las principales causas del cese de este recurso son la incapacidad de hacer frente al precio de la factura del mismo y/o la imposibilidad de mantener la explotación por escasez de financiación. Como se ha mencionado en el punto 2.1, el acceso a la electricidad es fundamental para el desarrollo de las personas y las sociedades; no obstante, es imprescindible que este recurso se encuentre disponible de manera prolongada y sostenida en el tiempo. De lo contrario, los beneficios

que se obtienen de su uso caen exponencialmente y, por tanto, así mismo lo hace las mejoras socioeconómicas que la electricidad proporciona a la población.

Con el objetivo de evitar que esto suceda, más adelante se estudiarán los costes de mantenimiento y amortización que deben hacer frente los miembros de la comunidad de manera que, a partir de unas tarifas acordes al contexto socioeconómico de los individuos, la instalación no se vea detenida.

2.4.3 Problema 3

Mientras que los dos inconvenientes citados anteriormente surgen uno antes y otro después de comenzar a aprovecharse del recurso eléctrico pero ambos están relacionados directamente con la producción y distribución de la electricidad, se genera de manera indirecta un tercer conflicto a resolver: la desigualdad generada entre las personas con acceso continuado a la electricidad y aquellas que sufren la pobreza energética o directamente la imposibilidad de formar parte de la población beneficiaria de electricidad. Esta situación tiene lugar cada vez que un individuo, comunidad o Estado utiliza cualquier elemento eléctrico. Aunque afortunadamente la cantidad de personas sin acceso a electricidad es cada vez menor, aún queda mucho por hacer. Sobre todo, en las áreas rurales de los países.

El presente proyecto permite con su ejecución paliar la desigualdad que en este sentido sufre la comunidad de El Santuario respecto a otras zonas de Honduras. Así pues, aunque continúa persistiendo esta diferencia entre personas, se contribuye a reducirla parcialmente.

3. CONTEXTO ACCESO ELECTRICIDAD A ESCALA MUNDIAL

3.1 Objetivos Desarrollo Sostenible

Si se contextualiza cual es la situación en la que estos tres problemas están siendo abordados en el ámbito internacional, se distingue a la ONU como el principal promotor que impulsa la concienciación y la mediación entre los países en la búsqueda de consensos y objetivos concretos comunes. Las Naciones Unidas dentro del PNUD aprobó los ODS, que entraron en vigor el primer día del año 2016, en su cumbre de los líderes mundiales celebrada en septiembre de 2015. Estos objetivos están precedidos por los ODM aprobados en septiembre del año 2000 y que tenían ocho objetivos principales entre los que ya era notable la preocupación por la sostenibilidad y el medio ambiente entre otros. Todos ellos marcan el camino a seguir por parte de las diferentes naciones miembros.

Las Naciones Unidas, y por ende los países que forman parte de la misma, son conscientes de los problemas que se derivan de la situación energética en el planeta y los beneficios que supondría tratar de mejorar la situación actual. A razón de esto, están redirigiendo el rumbo de sus políticas sociales y energéticas. De entre los objetivos de los ODS que tratan de mejorar la situación global de las personas, se encuentran objetivos que se centran directamente en la accesibilidad universal a la energía y la sostenibilidad de las mismas, como es el caso del objetivo número siete aquí citado:

“7.1 De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

7.2 De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

7.3 De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

7.a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.

7.b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.” (PNUD 2015).

Pero también, existen muchos otros objetivos que de forma indirecta se ven favorecidos con motivo del cumplimiento del número siete, es decir, por el incremento en el número de personas con acceso al suministro eléctrico. Algunos de los objetivos cuyo alcance se facilita de esta manera son:

- **Fin de la pobreza y Hambre cero, objetivos uno y dos respectivamente.** El acceso a la electricidad permite un mayor el desarrollo profesional y educativo de las personas gracias a las facilidades que supone a la ahora de consumir contenido en internet. De esa manera, se

potencian y desarrollan no solo las habilidades de los consumidores sino también aumenta la formación de los mismos. Por otro lado, el acceso a la electricidad en una comunidad permite que se desarrollen actividades laborales y sociales que dependen directamente de este hecho. Como consecuencia, que una comunidad tenga acceso a la energía aumenta las posibilidades laborales de las personas y por tanto contribuye directamente a terminar con la pobreza y el hambre en el mundo. Por último, y sobre todo en las zonas rurales, la presencia de la electricidad en las tareas laborales permitirá la optimización y creación de mecanismos en el ámbito de la agricultura que dotarán de una mayor producción y abastecimiento de alimentos, así como de un ahorro de agua destinada a los cultivos y una capacidad de aprovisionamiento y conservación de alimentos superior.

- **Igualdad de género, objetivo número cinco.** El papel de las mujeres en muchas sociedades se ve relegado a las tareas del hogar y desplaza del contacto con otro tipo de actividades. Esta situación se ve potenciada en las comunidades rurales donde los trabajos que sustentan las economías domésticas se basan en su gran mayoría en labores en el campo donde se delega al hombre debido a, generalmente, sus capacidades físicas como la fuerza. Es por este motivo que la electrificación de las comunidades rurales favorecerá la aparición de nuevas tareas o la transformación de las ya existentes y permitirá que las mujeres puedan desarrollarse y formar parte del entorno laboral al igual que ya hacen los hombres. Asimismo, disponer de electricidad en los hogares permitirá que muchas de las tareas del hogar puedan desplazarse en el horario respecto de los momentos donde tradicionalmente se realizaban. De esta manera, nunca más existiría una yuxtaposición de las labores del hogar con el trabajo agrícola y se abriría una puerta a la igualdad de género.
- **Educación de calidad, Trabajo Decente y crecimiento económico e Industria, innovación e infraestructura, objetivos cuatro, ocho y nueve en ese orden.** La electrificación de las comunidades abre una puerta a un mundo de oportunidades y mejoras tangibles en la educación de las personas, sobre todo los jóvenes. La posibilidad de poder disponer de un instrumento electrónico como una Tablet o un ordenador o, simplemente disponer de luz en sus hogares para estudiar cuando la iluminación natural cese incrementa las oportunidades de formación y desarrollo de manera exponencial. No solo se tiene acceso a internet y sus respectivos beneficios obvios, sino que también se facilita la conciliación dando la oportunidad de formarse a personas que hasta ahora no podían permitirse dejar de trabajar durante los periodos diurnos para estudiar. Del mismo modo, aparte de aumentar la formación de los ciudadanos, se fomenta la creación de puestos de trabajo de calidad y la innovación gracias a la llegada de la electricidad.
- **Salud y bienestar, Ciudades y comunidades sostenibles y Acción por el clima, objetivos tres, once y trece.** Como se señala en el objetivo número siete tanto de los ODM como también ocurre en los ODS la electrificación de zonas carentes de este recurso hasta la fecha no viene asociada con fuentes de energías contaminantes. Las Naciones Unidas, conscientes de los

niveles de contaminación y sus consecuencias, han iniciado la transformación hacia energías verdes que no dañen el planeta. Esta decisión conlleva que mejore la calidad del aire que respiran las personas, entre otras consecuencias, y producen una mayor salud y bienestar en ellas. De esta manera, se está creando un entorno más ecológico y sostenible pues no solo evitamos emitir emisiones contaminantes, sino que gracias a energías renovables como la fotovoltaica se sortea la necesidad de explotar recursos como la madera y, como consecuencia, se reduce parte de la deforestación.

3.2 Índice de Desarrollo Humano

Como se ha ido introduciendo en apartados anteriores, existe una ratificación empírica que demuestra que el acceso a la red eléctrica está relacionado, especialmente en los primeros compases, con una mejora en todos los ámbitos de la situación en la que se desenvuelven diariamente las personas. Desde un incremento en el estado del bienestar al ámbito laboral y de desarrollo de la persona.

Del mismo modo, en función de la situación de partida en la que se encuentra la comunidad a la que se va a dotar de acceso al suministro eléctrico, la capacidad de cambio, y por ende de desarrollo y mejora que puede sufrir, es muy diferente. Al tratarse en el caso de este trabajo de una comunidad rural con acceso nulo a la red eléctrica y, además, de una población que habita en una de las zonas más vulnerables en cuanto cambios meteorológicos se refiere, como en el punto cinco se explicará, la capacidad de transformación es muy grande. Por primera vez, la comunidad de El Santuario tendrá una mayor capacidad de afrontar las situaciones volátiles y severas que sufre con fenómenos ambientales tales como las sequías que fuertemente han golpeado a esta zona geográfica y que perjudican directamente sus vidas. Todas ellas son situaciones que están provocadas por agentes externos fuera del alcance de la comunidad rural como el cambio climático y la contaminación a nivel global que lo provoca. Dada esta realidad ajena a ellos, pero con consecuencias directas en la comunidad, gracias al acceso a una energía de generación de propia dispondrán de una mayor resiliencia.

Una prueba más de la relación que existe entre la calidad de las condiciones de vida de las personas y el acceso a la electricidad se hace patente en el informe anual que efectúa el PNUD cada año en su IDH en el que elabora una clasificación de prácticamente todos los países del globo terráqueo en la que los ordena en función de indicadores de tres ámbitos distintos: la calidad de la salud, la calidad de la educación y la riqueza. El ranking consta a su vez de cuatro subdivisiones que distinguen diferentes niveles en cuanto a buenos resultados en los indicadores anteriores se refiere: desarrollo humano muy alto, alto, medio y bajo.

Contextualizando, Honduras se encuentra en la posición número 132 dentro de la subdivisión de desarrollo humano medio. Los marcadores y diferentes motivos que llevan a Honduras a encontrarse en esta posición son extensos y complejos de explicar en este trabajo, pero sí que es oportuno comentar algunas conclusiones que se pueden extraer del IDH de 2019 desarrollado por el PNUD, más concretamente la relación que existe entre la electrificación y la posición dentro del mismo. Si observamos las primeras posiciones del informe, se aprecia como absolutamente todos los países que están dentro de la subdivisión de desarrollo humano muy alto tienen un porcentaje del cien por cien en lo referido a la cantidad de población rural con acceso a la electricidad. No solo esto es así,

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

sino que, dentro de las naciones con desarrollo humano alto, prácticamente el cien por cien posee el mismo indicador, es decir, ninguna persona del país que habite en zonas rurales se encuentra sin acceso al suministro eléctrico. De donde además se deduce que todo ciudadano que habite en los núcleos urbanos tendrá acceso al suministro eléctrico. Son pocos los países con desarrollo humano alto que no tienen un cien por cien y, dentro de los que no lo tienen, la inmensa mayoría dentro de la excepción abarcan porcentajes muy altos cercanos a la totalidad. Cuando nos fijamos en Honduras, vemos como este indicador marca un porcentaje de 72. Este porcentaje, según los indicadores del PNUD que agrupa los resultados por terciles, implica que Honduras forma parte del tercio inferior en la clasificación de todos los países. Como se ha dicho anteriormente, las causas que llevan a Honduras a encontrarse en esta posición son diversas. No obstante, se puede afirmar que la mejora de este indicador dado el margen de mejora de que dispone supondría una escalada de posiciones importante en el ranking y, por consiguiente, una mejora en el desarrollo y la calidad de vida de los hondureños gracias a las consecuencias de esta hipotética nueva realidad.

Clasificación según el IDH	Calidad de la salud			ODS 4a: Calidad de la educación				ODS 4.1			Calidad del nivel de vida					
	Esperanza de salud perdida	Médicos	Camas de hospital	Escuelas con acceso a Internet		Puntuación en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA)		Empleo vulnerable	Población rural con acceso a la electricidad	Población que utiliza como mínimo servicios básicos de abastecimiento de agua potable	Población que utiliza como mínimo servicios básicos de saneamiento					
				Proporción alumnos-maestro en la escuela primaria	Maestros de primaria con formación docente	Primaria	Secundaria							Matemáticas ^a	Lectura ^a	Ciencia ^a
	(%)	(por cada 10.000 personas)	(alumnos y alumnas por maestro)	(%)	(%)	2015	2015	2015	(% del empleo total)	(%)	(%)	(%)	(%)			
2017	2010-2018 ^a	2010-2015 ^a	2013-2018 ^a	2010-2018 ^a	2010-2018 ^a	2010-2018 ^a	2015	2015	2015	2018	2017	2017	2017			
104	Maldivas	12,7	10,4	43*	10	90	100	100	..	..	..	19,3	100	99	99
105	Tonga	13,2	5,2	26	22	92	..	..	..	..	..	53,3	98	100	93
106	Filipinas	12,5	12,8	10	29	100	..	..	..	..	..	33,8	90	94	77
107	República de Moldova	13,6	32,0	58	18	99	85	87	420	416	428	34,3	100	89	76	
108	Turkmenistán	12,0	22,2	74	..	..	..	..	..	..	..	23,6	100	99	99
108	Uzbekistán	12,4	23,7	40	21	99	91	90	..	..	..	40,1	100	98	100
110	Libia	14,8	21,6	37	..	..	..	..	..	..	..	5,7	70	99	100
111	Indonesia	12,3	3,8	12	16	51	386	397	403	47,3	96	89	73
111	Samoa	13,2	3,4	..	..	..	14	23	..	..	..	31,0	96	97	88
113	Sudáfrica	13,9	9,1	..	30	..	..	..	..	..	..	9,7	67	93	76
114	Bolivia (Estado Plurinacional de)	12,5	16,1	11	19	58	..	..	..	..	..	58,1	75	93	61
115	Gabón	14,2	3,6	63	..	..	..	..	..	..	..	31,5	49	86	47
116	Egipto	13,9	7,9	16	24	74	48	49	..	..	..	21,3	100	99	94
DESARROLLO HUMANO MEDIO																
117	Islas Marshall	12,6	4,6	27	..	..	26	..	..	..	..	..	92	88	83
118	Viet Nam	11,7	8,2	26	20	100	..	..	495	487	525	54,5	100	95	84
119	Estado de Palestina	15,2	..	..	25	100	57	72	..	..	..	22,9	100	..	..
120	Iraq	16,0	8,2	14	..	..	..	..	..	..	..	25,9	100	97	94
121	Marruecos	14,6	7,3	11	28	100	79	89	..	..	..	48,8	100	87	89
122	Kirguistán	12,8	18,8	45	25	95	41	44	..	..	..	33,9	100	87	97
123	Guyana	12,7	8,0	16	..	70	..	..	..	..	..	56,8	89	96	86
124	El Salvador	12,2	15,7	13	28	95	36	40	..	..	..	36,1	100	97	87
125	Tayikistán	12,8	17,0	48	22	100	..	..	..	..	..	45,2	99	81	97
126	Cabo Verde	13,1	7,7	21	21	93	10	100	..	..	..	28,8	90	87	74
126	Guatemala	12,3	3,6	6	20	..	9	44	..	..	..	34,5	89	94	65
126	Nicaragua	12,7	10,1	9	..	75	..	..	..	..	..	39,4	68	82	74
129	India	13,9	7,8	7	35	70	..	..	..	..	..	76,7	89	93	60
130	Namibia	14,1	3,7*	27*	..	96	..	..	..	..	..	24,8	29	83	35
131	Timor-Leste	13,6	7,2	59	..	..	..	..	..	..	..	71,2	72	78	54
132	Honduras	12,3	3,1	7	26	..	16	..	..	..	..	40,5	72	95	81

Tabla 1: Índice de Desarrollo Humano (PNUD, 2019)

Disponer de electricidad, facilitaría enormemente la situación de estas familias y reduciría radicalmente la incertidumbre a la que se ven sometidas. Si bien es cierto que el acceso a la red eléctrica no solucionará los problemas derivados de la situación atmosférica y sus variaciones de manera instantánea, se puede deducir fidedignamente que sin duda alguna que en este contexto la capacidad de adaptación y producción se verá favorecida y, como consecuencia última, dotará a las comunidades pertenecientes a zonas rurales de más estabilidad y oportunidades de crecimiento en todos los sentidos.

4. ESTUDIO DE HONDURAS

4.1 Contexto general Honduras

Honduras es uno de los países hispanohablantes que forman parte de América Latina, más concretamente de Centroamérica. Su territorio abarca la superficie de 112,492 km² y delimita con tres países y con dos superficies marítimas distintas. Al norte de Honduras encontramos el mar Caribe y al sur se halla el Golfo de Fonseca. A su vez, el límite del territorio de Honduras al sur-suroeste lo marca la frontera con El Salvador. Mientras que al este delimita con Nicaragua y al oeste con Guatemala. Con una densidad de población de 85 habitantes por cada km², la población de Honduras la forman 9,290,415 personas (INE, 2020). De entre la población hondureña, el 42,9% de la misma reside en zonas rurales (BM,2018). La moneda oficial del país es el Lempira. A fecha de primer semestre de 2020, el cambio con el euro corresponde a 27,79 lempiras por cada euro.

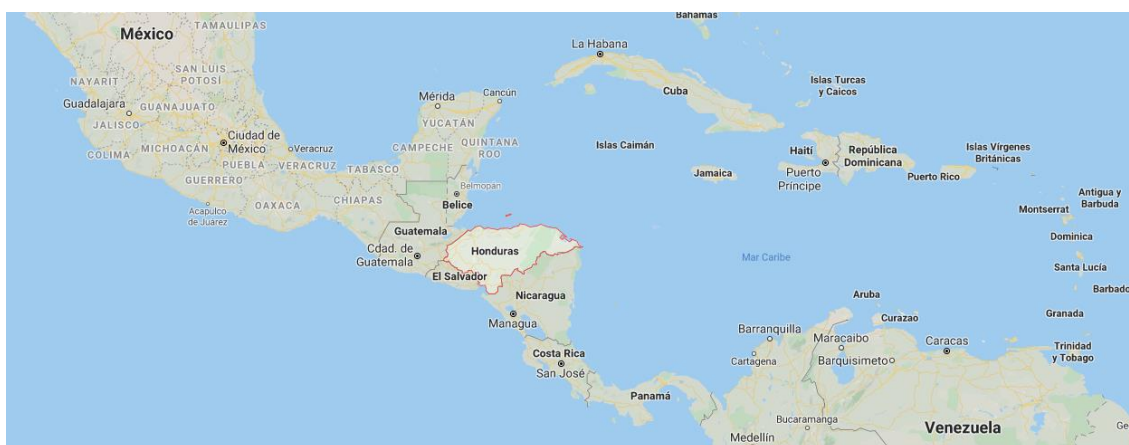


Figura 4: Localización de Honduras (Google Maps, 2020)

4.2 Contexto rural Honduras

4.2.1 Pobreza

El país registra una de las tasas más altas de crecimiento económico de toda Centroamérica, únicamente sobrepasada por Panamá. Su situación es significativamente mejor, en cuanto a crecimiento económico se refiere, que el promedio del Caribe y el conjunto de América Latina. El crecimiento del PIB del país alcanzó el 4.8 por ciento en 2017, el 3.7 por ciento en 2018 y el 2.7 por ciento en 2019 (BM, 2020). No obstante, el país arrastra unos niveles muy altos de desigualdad y pobreza que se magnifican cuando diferenciamos entre zonas urbanas y rurales:

“Un 48.3 por ciento de las personas viven en pobreza en el país (2018, con las líneas oficiales de pobreza actualizadas) y el porcentaje de personas viviendo en pobreza en zonas rurales (60.1 por ciento) es mayor que en zonas urbanas (38.4 por ciento). La desigualdad (GINI 50.5 en 2017, entre los más altos de la región y del mundo) también resultó en una de las clases medias más pequeñas en ALC (11 por ciento en 2015, en comparación con el promedio regional de 35 por ciento).” (BM, 2020).

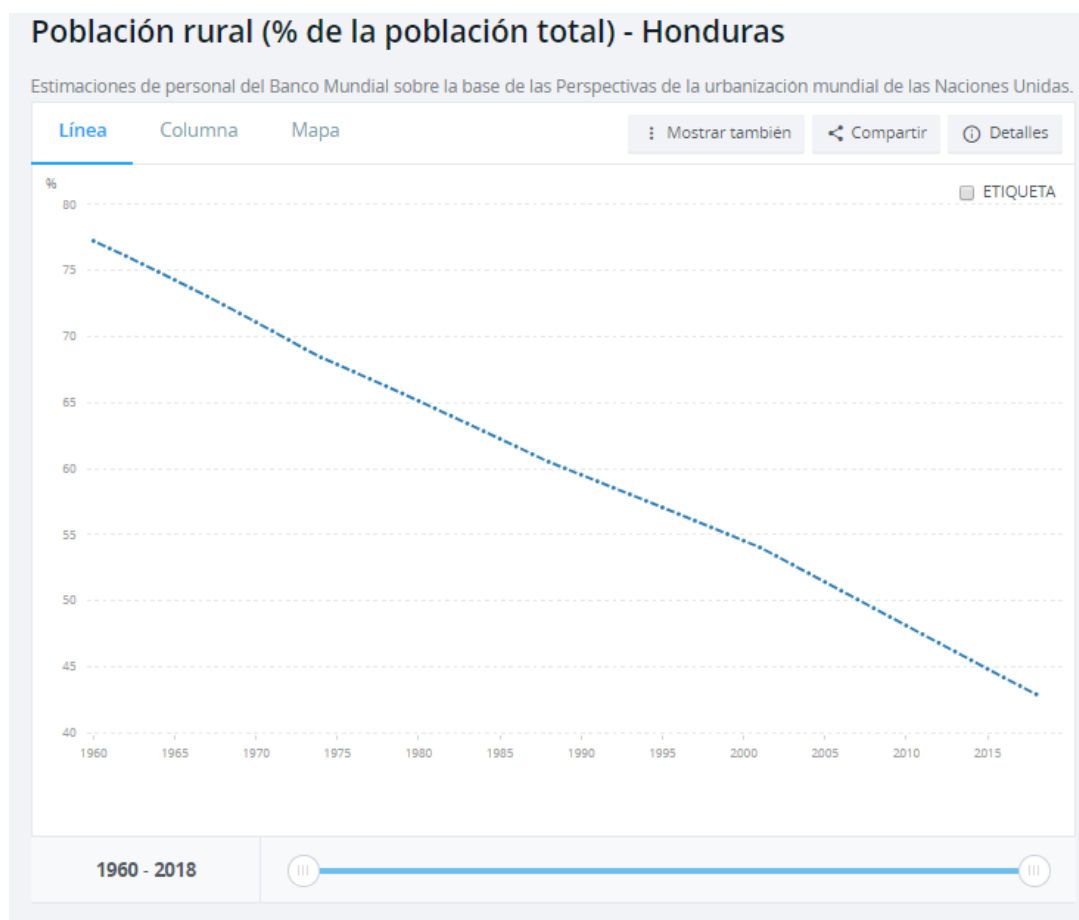


Figura 5: Porcentaje de la población hondureña que vive en zonas rurales (BM, 2018)

Como se puede apreciar en el gráfico, el porcentaje de población hondureña que vive en las zonas rurales se ha visto reducido en poco más de medio siglo a prácticamente la mitad. Esta migración que se ha dado, y que continúa produciéndose, de las zonas rurales a las urbes no es algo arbitrario. El desplazamiento de tal número de hondureños está motivado por diferentes causas, pero todas ellas de alguna forma están relacionadas con las oportunidades y la calidad de vida desiguales que estas personas disponen en ambos entornos.

A través de un estudio realizado conjuntamente por el Instituto Nacional de Estadística de Honduras a través de la Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples, se han analizado las diferentes realidades en las que se ven envueltas ambos tipos de comunidades con el fin de conocer de manera más precisa cuáles son las circunstancias, carencias y aspiraciones concretas que impulsan a la población hondureña a abandonar sus regiones de origen y emigrar a las ciudades. De entre los datos obtenidos, destacan:

“La pobreza para junio de 2017, alcanzaba al 39.2% de los hogares de Honduras, porcentaje que se incrementa en el área rural a un 46.2%, en comparación con el área urbana que llega a 33.8%. [...] Con base en un total de 2,060,165 hogares, el ingreso per cápita a nivel nacional, es de Lps. 3,068.00 por mes, con un promedio de

6.8 años de estudio para el jefe del hogar. Debe notarse que, en el área urbana, el ingreso percibido es dos veces mayor que en el área rural (Lps. 4,038.00 y Lps. 1,816.00 al mes respectivamente). Esta diferencia está altamente correlacionada con los años de estudio promedio del jefe de hogar, 8.0 en el área urbana y 4.9 en el área rural.” (EPHPM, 2017).

La importante diferencia de recursos de los que disponen los hondureños en función de su procedencia dentro del país provoca consecuencias concretas que perjudican directamente al bienestar de las personas que habitan en las regiones rurales y carentes de diversificación en la oferta de empleo e incapaces de desarrollar nuevas actividades más allá de la agricultura y tareas relacionadas con la misma, los hondureños se ven cada vez más abocados a la migración sino a la pobreza. En un gran número de ocasiones cuando no es posible desplazar a todo el núcleo familiar el desplazamiento lo realiza al menos uno de los miembros de la familia en edad activa de trabajo. A continuación, se expondrán algunos de los perjuicios a los que deben hacer frente los miembros de las comunidades rurales de forma cotidiana.

Además, la falta de recursos que potencien la eficiencia y la productividad de sus cultivos impide el desarrollo y progreso de los trabajadores rurales y condena a los mismos a depender de las técnicas y medios tradicionales y de las condiciones atmosféricas cambiantes e impredecibles. La meteorología que cada vez más se ve afectada por el cambio climático y deriva hacia condiciones ambientales más extremas termina produciendo, inevitablemente, daños en los cultivos. De esta manera, las cosechas se ven reducidas a cantidades que dificultan mucho la capacidad de ahorro y reinversión de las familias. Como consecuencia de esto, se genera en las comunidades rurales una narrativa de inestabilidad y preocupación provocada por la incertidumbre de si, por ejemplo, la carencia o el exceso de lluvias arruinará los cultivos. Las poblaciones rurales se ven sumergidas en la imposibilidad de realizar una planificación para la gestión de los recursos y de iniciativas que puedan desarrollar y se ven condicionados por la dicotomía de los años buenos y los malos. Es decir, por un lado, las potenciales hambrunas en los años complicados y, por otro lado, la decisión en las buenas cosechas de decidir entre conservar para ocasiones como la anterior los excedentes de esa temporada o arriesgarse a tratar de venderlos y obtener dinero a cambio de ellos.

Partiendo del contexto de que Honduras acarrea situaciones de pobreza en todo su territorio, independientemente de la zona en la que se centre la atención, una vez más la situación se exagera cuando comparamos las zonas rurales con las zonas urbanas.

Cuadro 3. Personas que viven en Hogares con ingreso percapita, de un dolar o menos por día.

Dominio	Total	Vive con mas de 1 Dolar por día		Vive con 1 dolar o menos	
		No	%	No	%
Total	8,829,840	6,985,551	79.1	1,844,289	20.9
Urbano	4,793,144	4,515,231	94.2	277,913	5.8
Distrito Central	1,257,698	1,209,941	96.2	47,757	3.8
San Pedro Sula	731,505	718,237	98.2	13,268	1.8
Resto Urbano	2,803,941	2,587,053	92.3	216,888	7.7
Rural	4,036,696	2,470,320	61.2	1,566,376	38.8

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE). LV Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples, Junio 2017.

Figura 6: Personas que viven en hogares con ingresos per cápita de un dólar o menos por día (INE, 2017)

El número de personas en Honduras, a fecha de 2017, que vivía con un dólar o menos al día era casi seis veces superior en el entorno rural que en el urbano en números absolutos y llegando a ser incluso veintiuna o diez veces superior en porcentaje si comparáramos el entorno rural con zonas urbanas concretas. Como puede apreciarse, la desigualdad en el poder adquisitivo de los ciudadanos hondureños en función de donde residen es enorme y, por ende, determinante en las condiciones en las que transcurren sus vidas y la vulnerabilidad a la que se ven abocados.

4.2.2 Acceso a servicios básicos

4.2.2.1 Acceso a agua

Una de las cosas básicas en las que se ven más perjudicados en las zonas rurales es el acceso a servicios básicos como el agua. En Honduras el 14,7% de las viviendas no dispone del adecuado servicio al agua (EPHPM, 2017). Y, mientras que en el área urbana el 92,6% de las viviendas dispone de acceso a agua gracias al sector público como el privado en proporciones prácticamente idénticas, el abastecimiento de este recurso por parte de los servicios públicos en las zonas rurales roza la nulidad. Este motivo, conlleva a que un porcentaje considerable de personas en las zonas rurales se vea obligado a recurrir a riachuelos u otros recursos con control prácticamente nulo de las medidas sanitarias para abastecerse de agua.

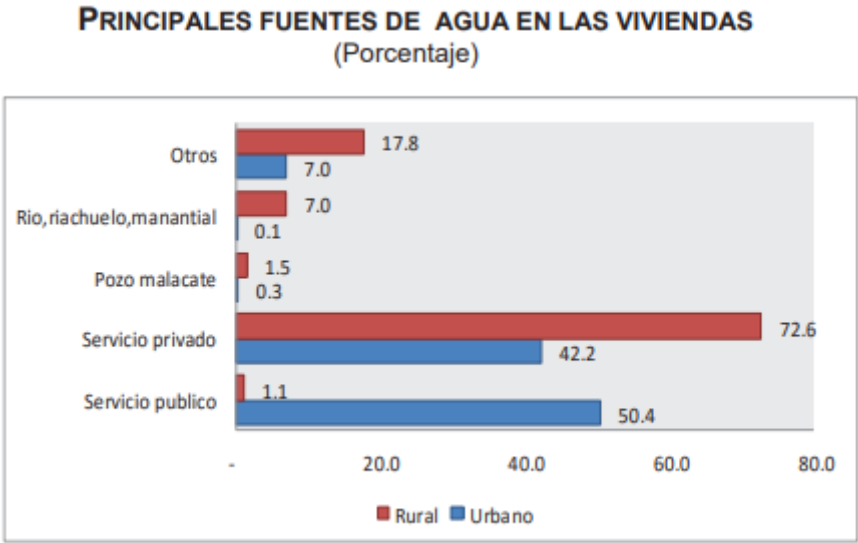


Figura 7: Principales fuentes de agua en las viviendas (INE, 2017)

Las consecuencias de esta diferencia en la manera en la que el abastecimiento de agua se produce provoca una mayor propensión a problemas de salud en las personas de las zonas rurales en comparación con los hondureños de las zonas urbanas.

4.2.2.2 Acceso a educación

Al mismo tiempo, los problemas que arrastra Honduras se extienden a más sectores de la estructura básica del país. Otro de ellos es la educación y formación de los habitantes. Honduras sufre altas tasas de analfabetismo en comparación con los países de su entorno. Este contexto es un problema básico del país que no solo lastra al ciudadano en cuestión a la hora de la búsqueda de empleo, sino

que al mismo tiempo dificulta la capacidad del propio país para con su propio desarrollo. Honduras se sitúa entre los tres países con mayor tasa de analfabetismo de toda América Latina con un 12,79% de la población (UNESCO, 2018).

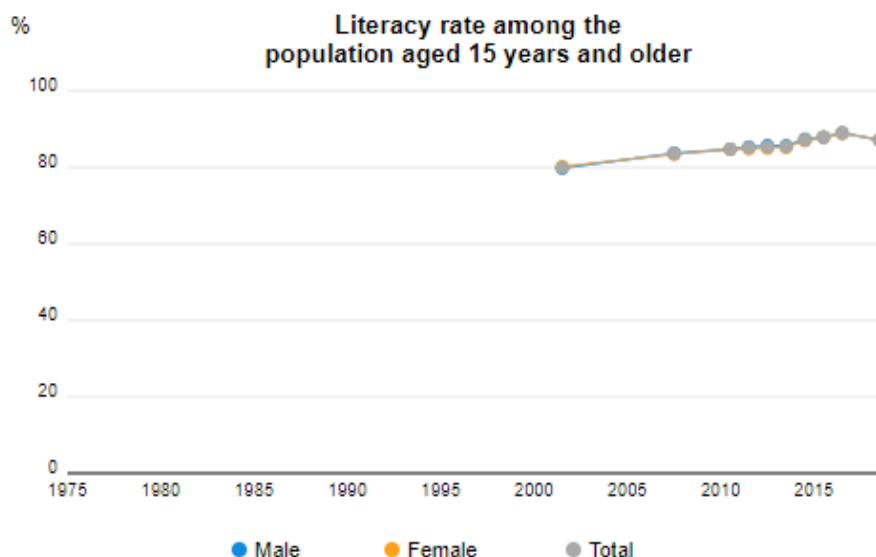


Figura 8: Porcentaje de alfabetización entre la población hondureña mayor de 14 años (UNESCO, 2018)

Siendo esta la gráfica que muestra la evolución del alfabetismo en Honduras en este siglo, la parte positiva de la situación del país es la gran igualdad de género que se encuentra en cuanto a acceso a la educación se refiere. La tasa de alfabetización de hombres y de mujeres es prácticamente idéntica, 87,14% y 87,27% respectivamente (UNESCO, 2018).

A este contexto de tasas de alfabetización, se suma el dato que sitúa a Honduras como el segundo país latinoamericano en cuanto a abandono escolar se refiere. Este hecho es perjudicial no solo para el desarrollo de los individuos sino para la capacidad industrializadora del país pues un gran número de ciudadanos abandonan cada año los estudios privándose a ellos mismos y al país de la oportunidad de aumentar los conocimientos técnicos o de cualquier otra índole más avanzados. Las posibilidades de progreso a partir de la innovación se ven reducidas como consecuencia de la pequeña cantidad de ciudadanos que finalizan sus años lectivos con estudios superiores.

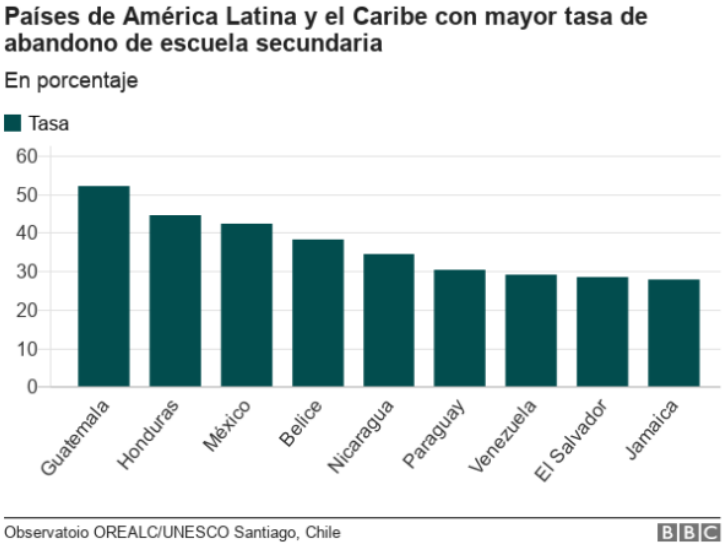


Figura 9: Mayores tasas de abandono escolar de los países latinoamericanos y caribeños (BBC, 2018)

Al mismo tiempo, una vez más la parte de la sociedad que se ve más damnificada es aquella que reside en las zonas rurales. En ellas las carencias escolares son más significativas. Con cinco años promedio de estudio y con prácticamente un veinte por ciento de analfabetismo, las comunidades rurales tienen los peores indicadores del país. La causa de esta situación es la escasez de recursos económicos de las familias de las zonas rurales que obligan a que los más jóvenes de la familia abandonen los estudios con el objetivo de encontrar un trabajo con el que poder aportar económicamente al núcleo familiar. Además, la carencia de medios provoca que en numerosas ocasiones los estudiantes de las zonas rurales no dispongan de un centro de estudios en el que continuar su formación si lo desean. La alternativa es por tanto emigrar para seguir estudiando y la gran mayoría de las familias no puede permitírselo.

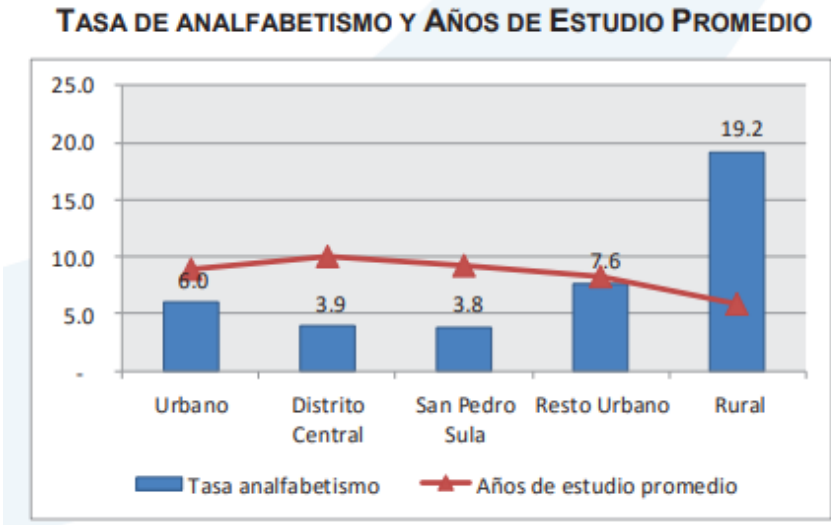


Figura 10: Tasas de analfabetismo y años de estudio promedio de la población de Honduras clasificado geográficamente (INE, 2017)

4.3 Estructura geográfica departamentos

Honduras, al igual que el resto de países, esta subdividida en diferentes regiones. En el caso concreto de este país, el territorio nacional está formado por unidades territoriales que se conocen como departamentos. Al mismo tiempo, estas delimitaciones territoriales se ven una vez más fraccionadas en municipios. Por último, estos municipios contienen diferentes grupos de poblaciones que forman ciudades, aldeas, comunidades y demás formas de convivencia.

La zona rural concreta en la que desarrollamos el proyecto de este TFG, y que por tanto centrará nuestro análisis, es la comunidad rural de El Santuario en el departamento de Choluteca. Dicho departamento lo constituyen 4360 km² y se encuentra en la parte sur del país siendo su capital Tegucigalpa. Delimita al norte con los Departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso, al sur con la República de Nicaragua y el golfo de Fonseca. Al este igualmente con la República de Nicaragua y al oeste una vez más con el golfo de Fonseca y con el departamento de Valle, siendo este último y el departamento de Choluteca los únicos en el país con salida al océano Pacífico (Espacio Honduras, 2020). A su vez, el departamento de Choluteca consta de dieciséis municipios.



Figura 11: Localización del departamento de Choluteca en Honduras (Espacio Honduras, 2020)

4.3.1 El Santuario

La comunidad rural de El Santuario se encuentra en el municipio de Choluteca, en el departamento de Choluteca. Está constituida por alrededor de medio millar de personas. Gracias al TFM de Andreu Pons Castell con título “Proyecto de mini red híbrida de energías renovables para el desarrollo rural de carbono casi cero. Aplicación una comunidad aislada en Honduras”, antiguo alumno del máster de Ingeniería Industrial que viajó a El Santuario, disponemos de información de primera mano de las características y circunstancias concretas de esta comunidad.



Figura 12: Distribución por municipios del departamento de Choluteca (Espacio Honduras, 2020)

4.3.1.1 Educación

En cuando a educación se refiere, El Santuario sí dispone de una escuela. Sin embargo, la formación que pueden adquirir los estudiantes únicamente alcanza hasta sexto grado. En consecuencia, cualquier individuo que desee continuar estudiando debe desplazarse a otro lugar; en este caso, Choluteca o Tegucigalpa. Aquí encontramos el primer inconveniente que las familias afrontan. En la mayoría de las ocasiones, los recursos económicos de los núcleos familiares son insuficientes para proveer la oportunidad de emigrar para seguir formándose a alguno de los hijos. En este contexto, los padres deben tomar una decisión que radica en escoger entre el más que plausible abandono de los estudios por parte del niño o niña o, por otro lado, la posibilidad de que toda la familia emigre con el fin de alcanzar una mayor remuneración en los núcleos urbanos y así poder costear la educación, alimentación y demás necesidades tanto del hijo como de la familia.

La decisión que termine decantando la balanza tendrá, en una alta probabilidad, consecuencias negativas para toda la comunidad. Esto es así porque si la familia decide no emigrar y dar por finalizados los estudios del menor, la comunidad perderá una nueva oportunidad de tener a una persona con conocimientos técnicos y profesionales más avanzados que puedan ayudar a desarrollar y mejorar la situación de la aldea. Por otro lado, si la familia decide emigrar se llega a la conclusión de que esta tendencia es peligrosa de cara a la resiliencia de la comunidad y su supervivencia en el tiempo pues, si se extiende la narrativa de buscar el desplazamiento por la incapacidad de vivir adecuadamente en la comunidad, acabaría esta última por desaparecer.

4.3.1.2 Salud

Si nos centramos en el ámbito de la salud, se observa que en El Santuario no existe ningún centro de salud que dote de asistencia a la población. El más cercano se halla en la comunidad de Zacatustal, a tres kilómetros de distancia. Pese a que a día de hoy la población se encuentra tratada, la situación de los habitantes ha pasado por momentos de preocupación debido a patologías como la Leishmaniosis y el mal de Chagas. En 2018, cinco de cada diez casos eran positivos y se pudo comprobar como un alto porcentaje de los habitantes fallecidos por enfermedad padecían del mal de

Chagas dando un total de 62 personas ese año. Por otro lado, la población sí dispone de un partero y una partera que ayudan a las madres a dar a luz.

4.3.1.3 Vivienda

En lo referido a las viviendas, las condiciones de las mismas son bastantes pobres y es habitual que a lo largo del año, y debido a desperfectos ocasionados por agentes meteorológicos, se requiera de arreglos y reconstrucciones en las mismas; con más frecuencia en la temporada de lluvias. De entre los hogares, alrededor del 85% están constituidas a partir de adobe y el 10% son de bajareque. La gran mayoría de ellas tiene el techo de teja y el suelo es tierra pese a que en una minoría de las ocasiones para el piso se utiliza lámina de zinc. La media de personas que cohabitan por vivienda supera las cinco personas.



Figura 13: Casa de adobe tipo de la comunidad de El Santuario (TFG Andreu Pons Castells, 2019)

4.3.1.4 Gestión y Estructura

En lo que a la gestión de El Santuario se refiere, existe un punto de inflexión en el año 1970. Es a partir de este momento que la comunidad desarrolla la independencia del patronato de San Ramón y constituye el suyo propio. De entre los motivos que llevaron a este suceso, destacan el crecimiento que experimentó la comunidad a nivel poblacional y la separación que distaba ambas comunidades principalmente. Desde entonces, es el propio patronato el que gestiona independientemente a la comunidad buscando su beneficio. Para esta tarea, consta de una junta encargada de la dirección que rota periódicamente. Las principales novedades que ha llevado a cabo el patronato son la construcción de una carretera que dota a la comunidad de una mayor facilidad en su acceso y la constitución de una Junta de Agua; este último incorpora acciones como un sistema de agua comunitario y el acondicionamiento de un tanque con fines de almacenamiento de agua para su posterior distribución a los diferentes hogares.

5. ESTUDIO GEOGRÁFICO Y CLIMÁTICO

La característica más significativa tanto de este departamento en concreto como de la región geográfica en su conjunto es la pertenencia a lo que comúnmente se conoce como el CSC.

“Bajo un concepto estrictamente ecológico, el Corredor Seco Centroamericano (CSC) es una zona de bosque tropical seco en la vertiente pacífica de Centroamérica que va desde la costa pacífica de Chiapas (México) hasta el oeste de Costa Rica y provincias occidentales de Panamá. A efectos prácticos, los países más vulnerables y expuestos a la sequía o a las precipitaciones extremas suelen delimitarse a Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua.” (FAO, 2017).

El corredor se caracteriza por las lluvias irregulares. Esta situación provoca que la zona sea una de las regiones del mundo afectada de una mayor susceptibilidad a la variedad del clima y por tanto más vulnerable. Este enclave geográfico es el hogar de más de cuarenta y cinco millones de habitantes. Además, en el caso de Honduras, de entre la población que vive en estas áreas, el porcentaje de la población total del país que vive en zonas rurales de este corredor asciende al cincuenta por ciento.

Los fenómenos meteorológicos característicos de este corredor comenzaron a hacerse más notables en el año 2001. Pese a que el balance de lluvias anual fue aproximado a los registros habituales de ocasiones anteriores, se observó como en el periodo comprendido entre mayo y octubre muchas cosechas se vieron afectadas por una sequía inusual. Seguidamente, en 2004 se pudieron apreciar con claridad cambios en los patrones climatológicos. No obstante, fue en el año 2009 cuando, debido al fenómeno conocido como “El Niño”, Centroamérica sufrió una carencia de lluvias muy importante. Especialmente durante los meses cruciales para la producción agrícola, es decir, en julio, agosto y septiembre. Este fenómeno meteorológico conocido como El Niño surge de forma natural y cíclica en periodos irregulares de entre tres y siete años normalmente y está provocado por el aumento de la temperatura en el mar. Sin embargo, entre los años 2015 y 2017 fue cuando se intensificaron fuertemente las sequías.

Figura 2: Impactos regionales de El Niño

Impactos mundiales de El Niño durante el periodo invernal (diciembre–febrero) y estival (junio–agosto).

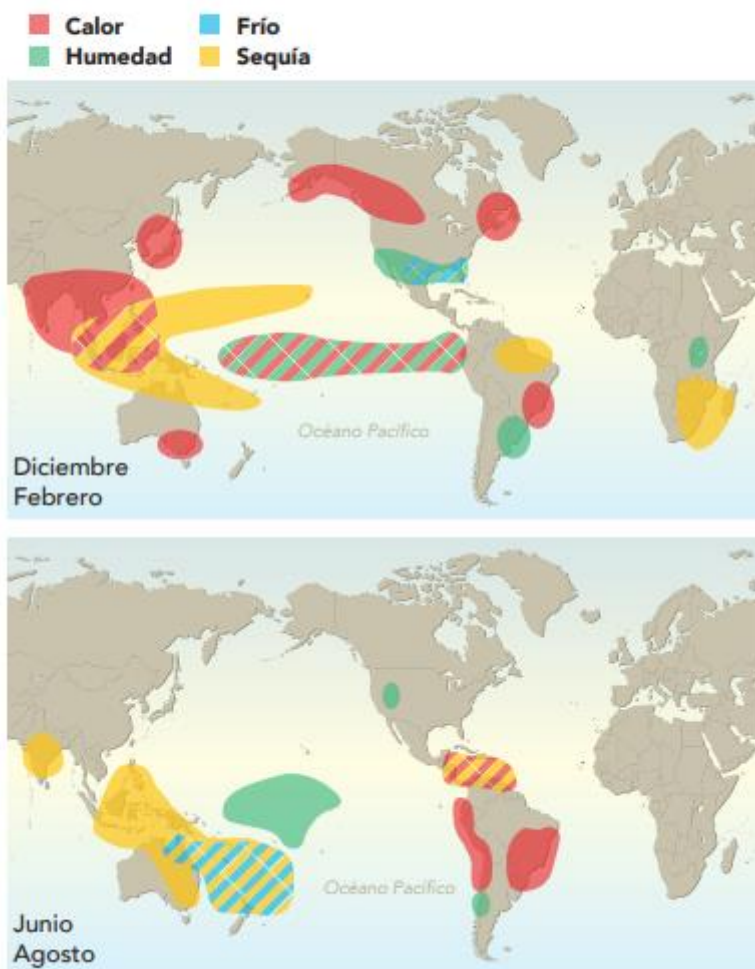


Figura 14: Impactos de El Niño durante el período invernal y estival (Informe Nexus Cambio climático y medio ambiente, 2016)

Honduras atravesó durante estos años una de las sequías más fuertes de los últimos decenios y las comunidades que habitan en las zonas rurales han sido las más afectadas con consecuencias inmensas:

“La sequía que padece Honduras ha reducido de manera considerable las cosechas, provocando un aumento de la inseguridad alimentaria y nutricional y de la pobreza, entre otros efectos. Además, la deserción escolar se ha incrementado como estrategia de adaptación en los hogares: quienes antes estudiaban ahora trabajan. Como consecuencia de la pérdida de las cosechas, los precios han aumentado entre un 14 y 20 por ciento, lo que está haciendo que para la población sea más difícil adquirir los productos de la canasta básica. Ante esto, las familias, especialmente en

las áreas rurales, están optando por reducir tanto el número de comidas como la calidad de las mismas, aumentando los índices de desnutrición.” (UNICEF, 2016).

La sequía y sus nefastas consecuencias para la agricultura son todavía más destructivas en Honduras ya que, como en la mayoría de los países que se encuentran en Centroamérica, los periodos de cosecha se dividen en dos. La principal, y la más grande, comienza en abril y termina en agosto o septiembre. Por otro lado, la segunda da su inicio en agosto y finaliza en diciembre o enero. Sin embargo, en muchas ocasiones solo existe una única temporada (UNICEF, 2016). Este hecho conlleva a la yuxtaposición en el tiempo de la única, o como poco la cosecha más sustancial de las dos del año, con las fuertes sequías que han sufrido los agricultores hondureños. Además, cerca del 92% de la población que habita en este corredor seco vive con menos de 1,81 dólares diarios (INVEST-Honduras, 2014).

Es por todo esto que, dada la incapacidad de ahorro provocada por la pobreza crónica a la que se ven sometidas sobre todo estas poblaciones rurales, la dependencia total a la agricultura con fines que, prácticamente en su totalidad, son únicamente destinados al autoabastecimiento y a la vulnerabilidad intrínseca de la zona geográfica en la que se encuentran estas comunidades, la urgencia con la que estas poblaciones precisan de un acceso continuado en el tiempo al suministro eléctrico es más significativa que en otras regiones del planeta.

6. ESTUDIO ENERGÉTICO

Es importante conocer cuáles son los antecedentes históricos y el contexto actual acerca del sector energético en Honduras. Las primeras notificaciones de iniciativas de las que se tiene registro en relación con el desarrollo de la energía eléctrica en el país son del año 1892. El objetivo de las mismas era el de establecer alumbrado eléctrico en las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüeña (Informe Nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Honduras, 2018). No fue hasta 1957 cuando encontramos el primer indicio de implantar una red de abastecimiento. En ese año el control del sector energético hondureño paso de manos de las municipalidades a la ENEE, la Empresa Nacional de Energía Energética, en cuyo año se creó y comenzó a encargarse de la generación y la distribución del suministro eléctrico (FAO, 2020).

“A la fecha de formación de la ENEE, cada ciudad del país era servida en forma aislada por pequeñas unidades generadoras, en su mayoría movidas por motores diésel, que pertenecían a las municipalidades, Juntas de Desarrollo, al Estado o a Empresas Privadas. Con la Creación de la ENEE se buscó lograr la electrificación Nacional, en base al uso racional de los recursos naturales del país aprovechando los beneficios de la economía de escala.” (ENEE, 2020).

En el año 1994 se produjo una crisis importante en el sector energético debido, principalmente, al aumento del 8% anual en la demanda de electricidad por parte de la ciudadanía. (FAO, 2020). Con el fin de paliar las adversidades que se estaban generando, el gobierno realizó algunos cambios como la “Ley Marco del Sub-Sector Eléctrico” que marcaba una nueva regulación en cuanto a la generación, distribución y comercialización del suministro eléctrico, la creación de la CNEE y permitía la liberalización parcial del sector permitiendo la entrada de empresas privadas que complementasen a la ENEE como es el caso de la empresa Lufussa.

“La Empresa Nacional de Energía Eléctrica ha logrado crecer y fortalecerse durante los últimos años gracias al apoyo que otras empresas generadoras de energía eléctrica en la región –como Lufussa- le han brindado para garantizar un mejor servicio al pueblo hondureño desde la crisis energética de 1994.

Es de mencionar que el consumo de Honduras oscila entre 1200 y 1600 KW, de acuerdo con datos revelados por la ENEE en su sitio web y con el incremento en su capacidad energética, aunado al crecimiento de la demanda, Lufussa se ha convertido en una gran fuente de empleos para la zona sur, desde donde producen energía eléctrica en Honduras.” (Luffusa, 2020).

Sin embargo, estas empresas que comenzaron suponiendo un complemento al control que ejercía la ENEE en el abastecimiento al pueblo hondureño, han acabado teniendo un peso conjunto superior al que posee el sector público.

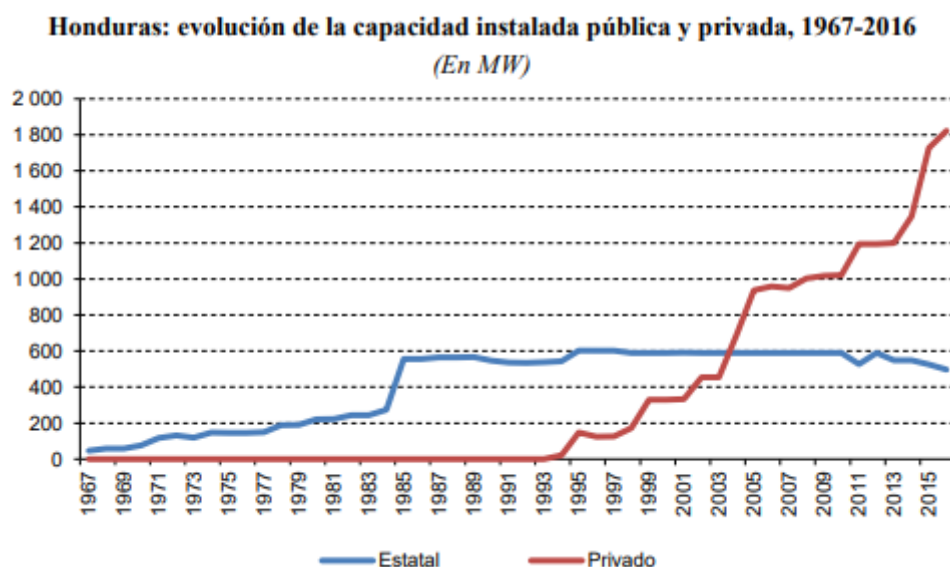


Figura 15: Evolución de la capacidad instalada pública y privada (ENEE, 2016)

Si se observan los datos, se puede comprobar cómo ha habido una tendencia positiva en la consecución de objetivos como el abastecimiento total de electricidad a la población hondureña. Aún queda mucha labor por realizar, pero como se puede apreciar en los siguientes gráficos, la evolución que ha tenido el país en los últimos decenios es satisfactoria. Esto es debido en primer lugar a la evolución que la capacidad instalada ha acarreado.

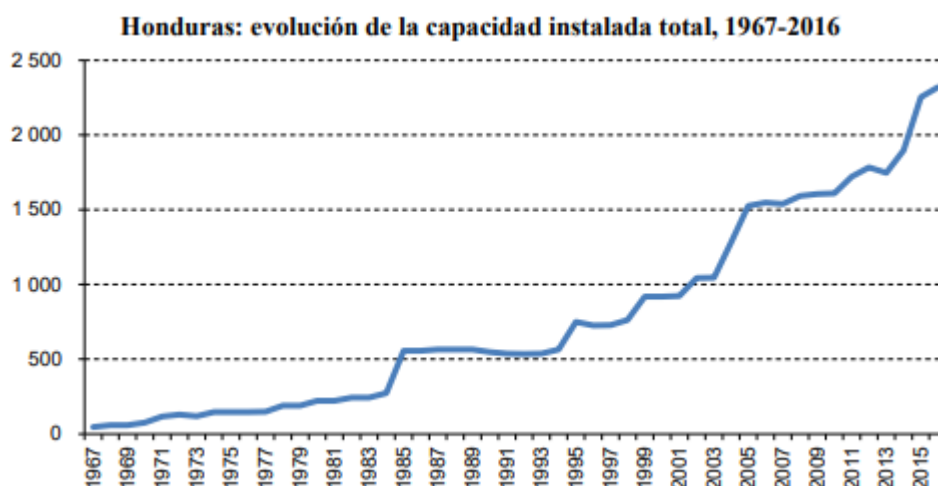


Figura 16: Evolución de la capacidad instalada total en Honduras (ENEE, 2016)

Y, en segundo lugar, debido a la gestión en la distribución. Pues si bien es cierto que la eficiencia de la red eléctrica hondureña no es la mejor posible, el aumento de la capacidad instalada junto con un incremento en la instalación de redes de distribución se ha transformado en una reducción de en la cantidad de población sin acceso a este recurso de más de un millón de personas en poco más de veinticinco años.

Number of people without access to electricity, 1990

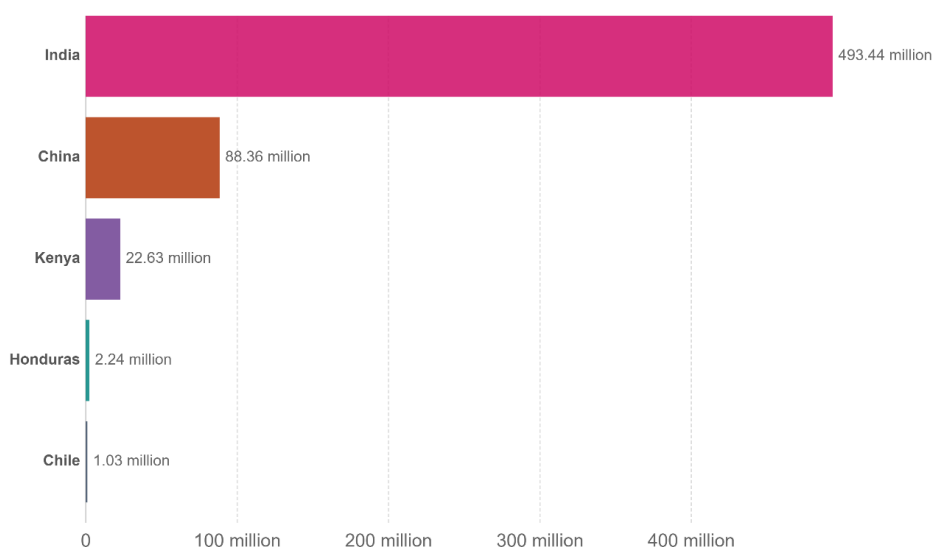


Figura 17: Número de personas sin acceso a la electricidad por países en el año 1990 (Oxford, 2016)

Number of people without access to electricity, 2016

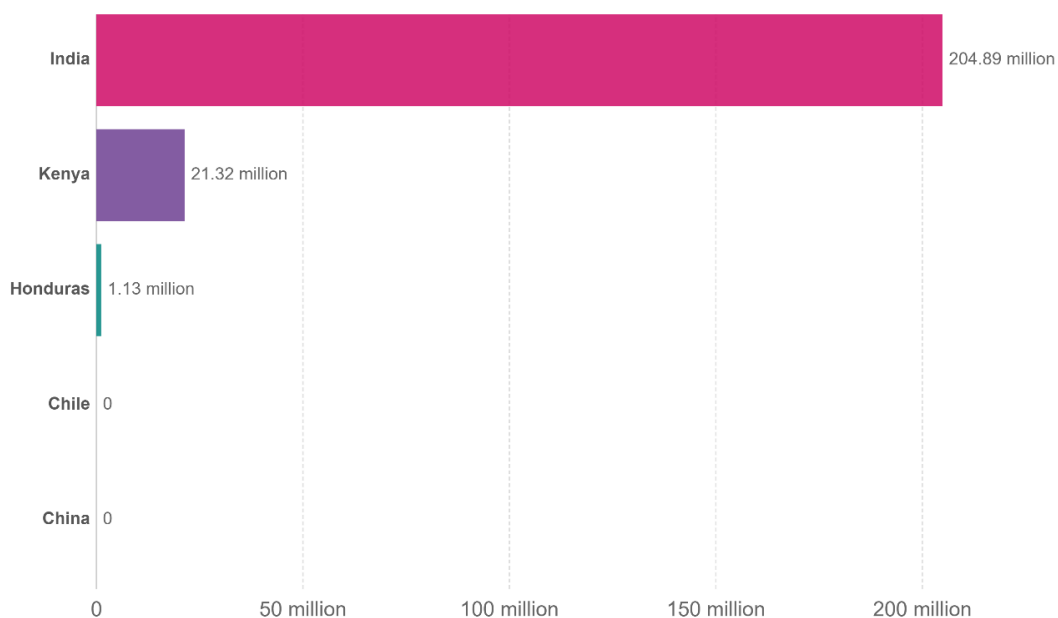


Figura 18: Número de personas sin acceso a electricidad por países en el año 2016 (Oxford, 2016)

En ambos gráficos puede verse la evolución de algunos países en la consecución de este objetivo. Como se viene exponiendo, puede observarse que, aunque aún quedan más de un millón de personas excluidas del acceso a la electricidad, se ha reducido en un cincuenta por ciento el número de personas.

En esta línea que busca el progreso en la persecución del objetivo hondureño del cien por cien de abastecimiento en el suministro eléctrico se encuentra este proyecto. Con el fin de dotar a la comunidad rural de El Santuario se procedió a realizar un estudio completo de la zona y de la propia comunidad. La meta era conocer tanto como fuese posible la situación del entorno y sus habitantes, así como las características que diferenciaban a El Santuario y su comunidad de otras comunidades.

En lo referido a los diferentes tipos de generación de energía en Honduras, se produjo el primer avance significativo hacia el incremento del uso de fuentes de energía renovables en el 2007 a partir de la ley “Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Naturales”. Asimismo, en la misma línea de búsqueda de promoción de las energías renovables, el gobierno hondureño aprobó la Visión 2010-2038, junto con el Plan Nacional 2010-2022, con el objetivo de que en el año 2022 la generación a partir de este tipo de fuentes fuese del 60% y del 80% en el año 2038.

A fecha de 2018, la capacidad instalada de fuentes de energía renovables en el territorio hondureño alcanza los 2703,36 MW siendo la más destacada la generación termoeléctrica con un 33% del total; la energía fotovoltaica representa el 19% del total (ENEE, 2018). y es en esta línea, en la que está elaborada esta mini red híbrida de energías renovables. Conscientes de la situación medioambiental del planeta, y las consecuencias que se generan derivadas de la misma, como es el fenómeno de El Niño ya explicado, el presente proyecto persigue el objetivo de mejorar las condiciones de la comunidad rural de El Santuario de forma conjunta con el Plan Nacional y la Visión 2010-2038 del propio país.

7. CONTEXTUALIZACIÓN DEL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE LA PLANTA

El presente TFG cuenta con la ayuda previa inestimable de dos compañeros, Andreu Pons Castell y de Ángela Herraiz Cañete que con sus dos TFM “Proyecto de mini red híbrida de energías renovables para el desarrollo rural de carbono casi cero. Aplicación una comunidad aislada en Honduras” y “Analysis of energy demand assessment methodologies for the design of a hybrid renewable mini-grid in a rural isolated community in Honduras” permiten que el estudio y diseño que aquí se presenta pueda desarrollarse. Ambos dos se encargaron de diseñar y ejecutar la mini red híbrida de energías renovables con el fin de dotar a la comunidad de acceso al recurso energético de la electricidad. A continuación, y con el fin de que este trabajo tenga la base suficiente para con su comprensión, se va a proseguir a exponer la información más relevante y las conclusiones alcanzadas en lo referido al diseño de la mini red híbrida de energía por parte del trabajo de ambos compañeros.

7.1 Curva de demanda

7.1.1 Estimación de consumos

Para poder dimensionar la planta a partir de la cual se obtendrá la energía, se realizó un estudio de la hipotética demanda esperada en una colaboración mano a mano con la propia población de la comunidad rural de El Santuario. En ella se contactó con los futuros usuarios y gestores de la planta y, exponiéndoles las diferentes posibilidades con los parámetros dentro de los cuales se deberían establecer los venideros usos, se les pidió que hicieran saber en qué momento del día, cómo y con qué fin pretendían emplear el novedoso acceso al suministro eléctrico. Tras estudiar toda la información que fue trasladada por parte de las personas de la comunidad y analizar también cuáles iban a ser, además del usufructo privado por parte de ellos, los consumos comunitarios a los que la comunidad querría dedicar este recurso, se realizaron varias tablas en las que se exponía toda esta información recopilada junto con una gráfica a partir de los datos en la que se relacionaban los consumos esperados en función de la hora, y diferenciando tanto el consumo que podríamos clasificar de privado, como el consumo comunitario y el total que formaban los dos anteriores.

En la figura siguiente pueden observarse los datos finales que se recogieron del contacto con la población de la comunidad en lo referido al futuro consumo individual del que cada persona pretendía disponer. En la tabla la información recopilada se encuentra agrupada por un lado en función de la hora del día en la que se pretende hacer uso del suministro eléctrico y, por otro lado, se relaciona el parámetro anterior con el fin en el que se desea invertir el consumo de energía. Los propósitos a los que se hicieron referencia para destinar el suministro eléctrico doméstico fueron los que en la figura pueden apreciarse: iluminación, pues hasta el momento en el que se materialice la propuesta los hogares disponen como fuente de luz únicamente la proveniente del sol o la luna, dependiendo del momento del día y con las respectivas limitaciones que sobre todo esta última supone, o de velas; televisor, radio, teléfono, computadora, ventilador, nevera y diferentes electrodomésticos.

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

Consumo	Iluminación	Televisor	Computadora	Radio	Teléfono	Ventilador	Nevera	Electrodomésticos
0:00	-	-	-	-	0,5	-	0,01	-
1:00	-	-	-	-	0,5	-	0,01	-
2:00	-	-	-	-	0,5	-	0,01	-
3:00	0,1	0,25	0,1	0,5	0,5	-	0,05	0,2
4:00	0,5	0,5	0,25	1	0,5	0,25	0,1	0,2
5:00	1	0,25	0,25	1	0,5	0,25	0,1	0,2
6:00	1	-	0,25	0,5	-	0,25	0,1	0,2
7:00	0,75	-	-	0,5	-	0,25	0,05	-
8:00	0,5	-	-	0,5	-	0,25	0,01	-
9:00	0,05	-	-	0,5	-	0,25	0,01	-
10:00	0,05	-	-	0,5	-	0,25	0,05	0,2
11:00	0,05	0,1	0,1	0,5	-	0,25	0,1	0,2
12:00	0,05	0,1	0,1	1	-	0,25	0,1	0,2
13:00	0,05	0,1	0,1	1	-	0,25	0,05	0,2
14:00	0,05	0,1	0,1	1	-	0,25	0,01	-
15:00	0,05	0,1	0,1	1	-	0,25	0,01	-
16:00	0,05	0,1	0,1	0,5	-	0,25	0,05	-
17:00	0,05	0,1	0,1	0,5	-	0,25	0,1	0,2
18:00	1	1	0,75	1	0,5	0,25	0,1	0,2
19:00	1	1	0,75	1	0,5	-	0,1	0,2
20:00	1	0,75	0,75	1	0,5	-	0,05	0,2
21:00	0,5	0,5	0,25	0,5	0,5	-	0,05	-
22:00	0,25	0,25	0,25	-	0,5	-	0,01	-
23:00	0,1	-	-	-	0,5	-	0,01	-
Total	8,6	5,2	4,3	14	6	3,75	1,24	2,4

Tabla 2: Factores de uso de los consumos residenciales esperados por horas y en función de a qué se destina. Elaborada a partir del TFM (Herraiz Cañete, 2019)

Para comprender mejor la información que se acaba de presentar respecto de los consumos domésticos esperados y más concretamente en lo referido al uso de cada fin y la potencia empleada en cada caso, es importante conocer cuáles fueron las respuestas de los individuos entrevistados en términos no solo cualitativos sino también cuantitativos.

Consumo	Unidades	Potencia total (W)	Potencia por vivienda (W)	Uso (heq/día)
Iluminación	180	15	2700	8,60
TV	45	150	6750	5,20
Radio	43	20	860	14,00
Teléfono	80	10	800	6,00
Ventilador	34	50	1700	3,75
Nevera	16	500	8000	1,24
Electrodomésticos	19	1000	19000	2,40
Computadora	1	200	200	4,30

Tabla 3: Estimación consumos esperados residenciales. Elaborada a partir del TFM (Pons Castell, 2019)

Aquí puede distinguirse la cantidad de personas que pretenden destinar el recurso de la electricidad a cada fin. Destaca, y con mucha diferencia, la cantidad de respuestas dirigidas a emplear el acceso a la electricidad en iluminación. Este fin va seguido de elementos que pretenden fomentar el acceso a la información y comunicación como son la televisión, la radio y el teléfono; además de la computadora. Por otro lado, es relevante la intención de los ciudadanos de la comunidad de destinar este nuevo recurso en elementos del hogar que favorecen las diferentes tareas que en él se realizan

como puede ser la limpieza gracias a los electrodomésticos, la conservación de alimentos con la nevera o que simplemente permiten mejorar la experiencia hogareña como es el ventilador. Además, se puede apreciar diferentes aspectos como la potencia total destinada a cada consumo; donde destaca a la cabeza de la potencia necesitada los electrodomésticos seguidos de la nevera y la televisión. A su vez, distinguimos como el uso en función de las horas equivalentes por día se rige por otro orden. En este caso, destaca la radio siendo el elemento que a lo largo del día es más empleado con diferencia.

Por otro lado, en lo referido al consumo comunitario por parte de los usuarios se determinaron seis usos diferentes en los que destaca una vez más la iluminación como fin más empleado en cuanto a unidades se refiere. Pese a ello, la mayor cantidad de potencia dentro de los diferentes usos se destinará a la trituradora y al bombeo.

Consumo	Unidades	Potencia (W)	Potencia total (W)
Bombeo	1	2000	2000
Iluminación exterior	20	50	1000
Ventiladores	8	100	800
Luces aulas + Iglesia	40	15	600
Computadora + Impresora	3	300	900
Trituradora	1	7500	7500
Gallinero	1	400	400

Tabla 4: Estimación consumos esperados comunitarios. Elaborada a partir del TFM (Pons Castell, 2019)

Y siendo la tabla que distribuye estos consumos en las diferentes horas del día la siguiente.

Consumo	Gallinero	Trituradora	Bombeo	Iluminación exterior	TIC's	Ventiladores	Luces
0:00	1	-	-	-	-	-	-
1:00	1	-	-	-	-	-	-
2:00	1	-	-	-	-	-	-
3:00	1	-	-	1	-	-	-
4:00	1	-	-	1	-	-	-
5:00	1	-	-	1	-	-	-
6:00	1	-	-	1	-	-	-
7:00	1	-	-	-	0,5	0,5	0,5
8:00	1	0,25	-	-	0,5	1	0,5
9:00	1	0,25	-	-	0,5	1	0,5
10:00	1	0,25	-	-	1	1	0,5
11:00	1	0,25	-	-	1	1	0,5
12:00	1	0,25	-	-	1	1	0,75
13:00	1	0,25	1	-	1	1	0,75
14:00	1	-	1	-	1	1	0,5
15:00	1	-	1	-	1	1	0,25
16:00	1	-	1	-	1	1	0,25
17:00	1	-	-	-	1	0,25	0,25
18:00	1	-	-	1	1	0,25	0,75
19:00	1	-	-	1	1	-	0,75
20:00	1	-	-	1	1	-	0,1
21:00	1	-	-	1	-	-	-
22:00	1	-	-	1	-	-	-
23:00	1	-	-	-	-	-	-
Total	24	1,5	4	9	12,5	10	6,85

Tabla 5: Factores de uso de los consumos comunitarios esperados por horas y en función de a qué se destina. Elaborada a partir del TFM (Herraiz Cañete, 2019)

7.1.2 Diseño de la curva

Todos esta información recogida que aquí se expone dio como conclusión la curva de demanda esperada que se muestra en la siguiente figura y que, como se ha introducido cuenta con tres curvas diferenciadas: una primera curva que hace referencia a las dos figuras anteriores, es decir, al consumo comunitario conjunto, una segunda curva que refleja los datos de las dos figuras anteriores a las ya citadas y que representa el consumo doméstico de los usuarios y, por último, una tercera curva que es la suma de las dos anteriores y muestra cuál será la demanda esperada total.

De entre las conclusiones más relevantes o datos que destacar se encuentra que el pico de demanda de la curva conjunta es de valor 18,13 kW y que este se da entre las 18:00 y las 19:00 horas y corresponde con el instante de pico de mayor consumo de la curva de consumo doméstico de valor 16,24 kW. En cambio, en la curva de carga esperada comunitaria el pico de valor 6,45 kW se da entre las 13:00 y las 14:00 horas. En lo referido a los valles de consumo, y como es lógico, ambas curvas sí coinciden en el momento del día, entre las 0:00 y las 03:00 horas con potencias de 0,28 kW en la demanda doméstica y 0,5 kW en la demanda comunitaria dando como resultado un consumo de 0,78 kW en la potencia total consumida en estos instantes.

Además, es fácilmente apreciable como las curvas de consumo doméstico y comunitario tienen formas distintas. Mientras que por un lado se observa que la curva de consumo doméstico, además de ser en términos generales y en la mayoría de los instantes superior a su homóloga de consumos comunitarios, posee una forma característica de dromedario, es decir, los picos de demanda se dan en los primeros compases del día y en las últimas horas del mismo. Esta forma es típica de usos de la electricidad de consumidores que no disponen de tiempo durante el transcurso del día debido a las diversas tareas y obligaciones a realizar y que, por tanto, disfrutan antes de dar comienzo y al finalizar las mismas. Por otro lado, se distingue como la curva de demanda comunitaria esperada tiene la forma opuesta, es decir, los mayores picos de consumo se dan en los periodos en los que la demanda doméstica es menor, es decir, en las horas correspondientes a la mitad del transcurso del día. La tipología de la curva que finalmente adapta la curva de carga esperada total de la comunidad es una combinación de ambas.

No obstante, pese a tener rasgos de ambas, al requerirse una mayor demanda en el ámbito doméstico la forma de la curva acaba destacando por tener unos picos de mayor demanda de potencia en los momentos previos al alba y en las horas posteriores al atardecer.

Más tarde se desarrollará este punto y se explicará el porqué de la siguiente afirmación, pero es relevante destacar como, y sobre todo en términos referenciados al largo plazo, es preferible disponer de curvas de demanda que tengan los picos de consumo al igual que la curva de carga comunitaria, es decir, a mediodía.

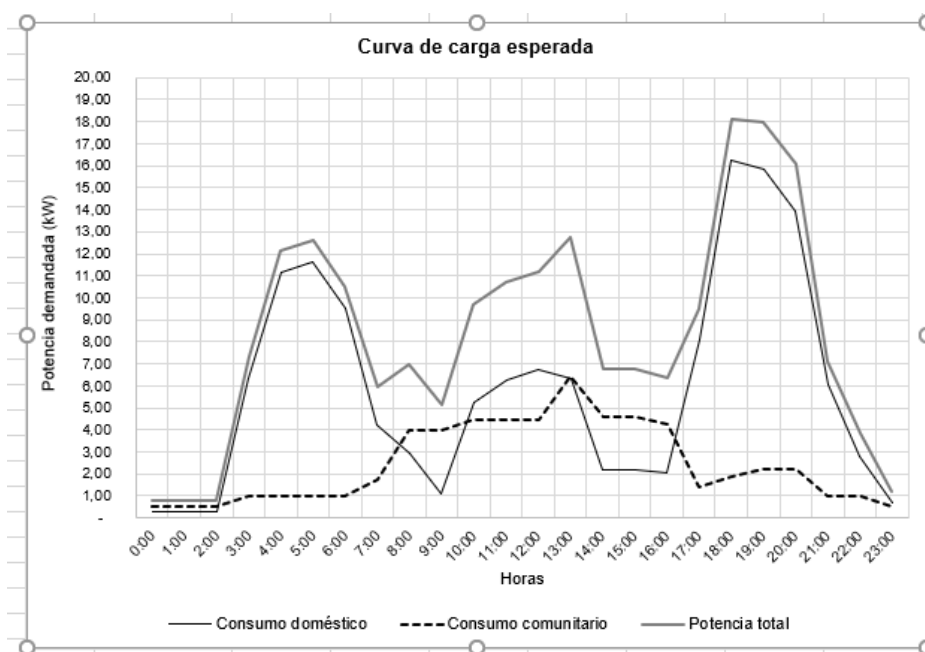


Figura 19: Curva de carga esperada de la comunidad rural de El Santuario. Elaborado a partir del TFM (Pons Castell, 2019)

7.1.3 Fuente de energía escogida para la generación de electricidad

A partir de los resultados obtenidos en la curva de carga esperada, se procedió a tratar de dimensionar de la forma más eficiente y ecológica plausible una instalación que fuese capaz de abastecer la demanda prevista. Con este fin, se trató de estudiar, dentro de las fuentes de energía renovables, cuál de ellas de forma individual si fuera suficiente o de forma conjunta si fuese posible o se precisase, sería más conveniente elegir.

En primer lugar, se planteó la posibilidad de utilizar la energía eólica. La instalación de los aerogeneradores sí disponía de un espacio óptimo para tal fin. Sin embargo, tras recabar más información y gracias a la gente del lugar, se tuvo en consideración que los vientos con rachas más fuertes eran irregulares durante el año y habría una carencia prácticamente total de los mismos entre los meses de marzo y octubre. Este hecho, junto con la inexistencia de una muestra considerable de proyectos a partir de esta fuente de energía, hizo que se descartara esta opción.

En segundo lugar, pasó a ser objeto de análisis la energía hidráulica. Minihidráulica en este caso. No obstante, apenas se mantuvo viable esta alternativa poco tiempo pues, aunque es cierto que existían saltos de agua aprovechables, el caudal de los mismos era insuficiente para ser aprovechado por una turbina. Además, volvía a perjudicar la variable de la estacionalidad.

Finalmente, se decidió por la alternativa de la energía solar fotovoltaica. Las condiciones de radiación solar del país, y especialmente las del municipio de Choluteca donde se encuentra la comunidad rural de El Santuario, eran perfectas para con el objetivo que se perseguía.

Únicamente había un inconveniente. Pese a que la intensidad de la luz solar en la zona apenas variaba con la estacionalidad del momento, esta sí cambia en función del momento del día. La luz solar en Choluteca se encuentra disponible entre las seis de la mañana y las seis de la tarde

aproximadamente. Es decir, si únicamente se dispusiera de este la energía fotovoltaica para producir electricidad, esta solo se produciría durante las horas de sol. Sin embargo, si observamos la gráfica de la curva de demanda esperada, se puede ver como no solo existen intenciones de consumo fuera de estas franjas, sino que los picos de consumo se hallan fuera de esta franja. Por esta razón, y porque se quiere dotar a los usuarios de una disponibilidad de suministro eléctrico continuada durante las veinticuatro horas del día, se precisaba de una solución complementaria.

Se decidió combinar la energía solar fotovoltaica con la energía de la biomasa. Más concretamente con la biomasa seca debido a la disponibilidad de tal recurso en la zona y a la previa utilización de leña por parte de las familias de la comunidad con anterioridad. La instalación debe satisfacer al día un total de 199,19 kWh.

Con todo ello, se diseñó la mini red híbrida de energías renovables tal como definió Andreu Pons

“Tras haber analizado los diferentes recursos de energías renovables a los que tiene acceso la comunidad de El Santuario, se propone la instalación de un sistema híbrido basado en una instalación de energía solar fotovoltaica apoyada por un sistema tipo gasificador alimentado por biomasa seca y con un banco de baterías para almacenar los excedentes. En condiciones normales, se prevé que se conecte el grupo electrógeno unas pocas horas al día, reduciéndose de forma importante la instalación de baterías y, por otro lado, en caso de sucesión de varios días con reducida radiación solar, servirá de apoyo al sistema trabajando un mayor número de horas.” (Andreu Pons, 2019)

7.2 Dimensionado de la instalación

Los elementos que constituyen la instalación diseñada junto con las funciones que realiza cada cual son los siguientes:

- 1. Baterías:** Dimensionadas a partir del mes más desfavorable, este es aquel que proporciona menos radiación a la instalación y que en este caso es diciembre, se utilizarán seis unidades del modelo HOPPECKE 48V Power VL 2-1610 con una capacidad de 2010 Ah y una corriente de carga de 161 A, y nueve unidades del modelo HOPPECKE 24 V Power VL 2-215 con una capacidad de 265 Ah y una corriente de carga de 21 A. La función de las mismas es abastecer de energía en los momentos en los que no se disponga de radiación solar en la instalación, pero se precise de electricidad por demanda de los usuarios.
- 2. Paneles fotovoltaicos:** Nuevamente se procederá a dimensionar esta parte de la instalación, al igual que se hizo con las baterías, en función de la radiación solar incidente en los paneles en diciembre, el mes más desfavorable. La finalidad de los paneles fotovoltaicos es captar la energía procedente de la radiación solar. Previamente se ha comprobado la funcionalidad del emplazamiento escogido para tal objetivo. Para ello se dispondrá de siete paneles Eagle PERC 48V 60 M X26 Modulos con una potencia máxima de 315 W, una tensión máxima de potencia de 33,2 V, una corriente máxima de potencia de 9,49 A, una tensión de circuito abierto de 37,6 V y una corriente de cortocircuito de 8,33 A, y dieciocho del modelo Eagle

PERC 24V 60 P X26 MODULOS cuyos valores característicos respectivamente son 260 W, 31,1 V, 8,37 A, 38,1 V y 8,98 A.

- 3. Inversores:** La tarea de este dispositivo radica en la conversión de la electricidad en corriente continua que nos proporciona la instalación en electricidad en corriente alterna para poder satisfacer así la demanda de los usuarios. Además, los inversores permitirán modular la tensión apropiada para los diferentes elementos de la instalación. Para tal objetivo precisaremos de dos unidades Sunny TriPower 25000 TL 48V con una máxima potencia de entrada de 45000 Wp, una potencia nominal de salida de 25000 Wp, una potencia de carga máxima de 9600 W y un voltaje nominal de entre 380-415 V; y otras nueve unidades Sunny Boy 48V cuyas especificaciones técnicas son respectivamente 1600 Wp, 1500 Wp y 220-240 V. Es importante el estudio previo que asegura que en ningún momento se correrá el riesgo de forzar a dichos elementos a alcanzar su potencia máxima.
- 4. Gestores de red:** Esta es una de las partes más relevantes y cruciales de la instalación en cuanto a eficiencia se refiere. Los gestores de red se encuentran tras las baterías y se encargan de la sensible función de decidir, en función de las circunstancias de cada momento, si las baterías deben aportar carga a las viviendas o, por el contrario, deben utilizar la energía para almacenar su propia carga. Seis gestores de red del modelo Sunny Island 8.0 H constituyen esta función. Su potencia máxima de entrada en corriente alterna es de 11,5 kW, su potencia nominal de 6 kW, la tensión de entrada en corriente continua de 48 V y una tensión de salida en corriente alterna de 230 V.
- 5. Gestor multicluster:** Una unidad del Mulicluster-Box 6 realizará la función de conectar las diferentes partes de la instalación, es decir, unirá a los gestores de red con la red de abastecimiento. Sus características técnicas son: una potencia asignada de 55 kW, seis equipos de gestión máximos y una tensión de salida en corriente alterna de 230/400 V.
- 6. Estructuras de soporte:** Nueve estructuras del tipo FV915 2 FILAS C/RED 20 Paneles y otras nueve del modelo KHT915 TEJA 2 PANELES se encargarán de proporcionar estabilidad a los paneles fotovoltaicos.
- 7. Gasificador:** Como se ha mencionado previamente, en la instalación se utilizará un grupo electrógeno que servirá de apoyo a la energía que se obtendrá a partir de los paneles fotovoltaicos. Este grupo electrógeno funciona gracias a un único gasificador AllPowerLabs PP30 25kVA. A la hora de dimensionar este elemento, se tuvo en cuenta una vez más el contexto más desfavorable. En este caso, ese contexto radicaba en la cantidad de días al mes en los que las nubes disminuían la generación de la principal energía, la fotovoltaica. Dispone de tres fases con una tensión nominal 240-480 V, una potencia máxima de 25 kW, una capacidad de tolva de 333 litros y un consumo de biomasa de 0,9-1,2 kg/kWh donde la humedad de la biomasa debe ser del 5%-30%.

- 8. Triturador:** Encargado del tratamiento de la leña previo a su utilización en el gasificador, el triturador escogido se dimensionó no solo en cuestión del motor sino también de que no produjera excesiva viruta y de que pudiese funcionar a partir de electricidad. De esta manera se consigue evitar una dependencia externa más. Tras tener en cuenta todas estas variables, se eligió el Teknamotor 20-SKORPION-160-e. La alimentación es manual. La producción de virutas llega hasta 6 m³/h con un ancho de viruta de 9 a 11 mm. El diámetro de máximo de tronco que puede introducirse es de 160 mm.

- 9. Cableado:** Se precisarán cuatro mil metros de cableado general que se distribuirán en una línea trifásica principal de 230V a partir de la cual se irán ramificando diferentes líneas secundarias. Estas a su vez, terminarán ramificando en otras líneas, en este caso cableado monofásico con una sección de 2,5 mm² con la que facilitaremos a los usuarios el suministro eléctrico individualmente a cada vivienda. El recorrido realizado a partir de cableado en corriente continua consta de dos líneas y entrelaza el trazado entre los módulos fotovoltaicos y el inversor. La línea 1 conecta los módulos fotovoltaicos y el inversor, y la línea 2 une el inversor con las baterías. Ambas tienen tipo de aislamiento XLPE unipolar de cobre distribuidas de forma aérea. Por otro lado, en las líneas de cableado trifásico distinguimos un mayor número que en las de corriente continua. En este caso, se encontrarán veintiuna líneas diferentes, todas ellas con sus respectivas características propiamente dimensionadas tanto por el criterio de caída de tensión como el criterio térmico. Como es lógico, estos criterios también se tuvieron en cuenta en el dimensionado de las líneas de corriente continua.

- 10. Diversos tipos de protecciones:** Serán necesarios diferentes protecciones como diferenciales ACTI 9 IID con una sensibilidad de 30 mA que son los encargados de proteger de cualquier contacto indirecto a cualquier usuario y se dispondrán en el cableado por donde circula corriente alterna; magnetotérmicos ACTI 9 NG125LMA con un poder de corte de 100 kA cuya función radicará en proteger, en este caso a la instalación, tanto de posibles sobrecargas como de posibles cortocircuitos. Estos interruptores están formados por dos disparadores: el disparador térmico y el disparador magnético. Además, la instalación contará con fusibles AC-0Gg con un poder de corte de 120 kA y una tensión de empleo de 220-500 V que, aunque son más precisos en su uso cuando se instalan en corriente continua, también se instalarán en una de las líneas de corriente alterna. Es muy apropiado el uso de este elemento ya que, aunque realizan la misma función que los interruptores magnetotérmicos, los fusibles pese a tener un solo uso nos proporcionan una mayor protección para aquellas líneas con un valor de corriente circulante superior a 125 A y acarrear un coste más económico, puestas a tierra y ochenta y seis protecciones individuales. A su vez, la instalación dispondrá de puestas a tierra que protegerán a los usuarios de desafortunados contactos directos con partes metálicas gracias a reducir el potencial de las mismas a 0V.

- 11. Medición de contadores:** Sistemas de contadores formados por ochenta y seis unidades que se encargará de contabilizar la cantidad de electricidad consumida por los diferentes usuarios de la instalación y así facilitar la posterior gestión de los cobros.

8. ANÁLISIS DE LOS COSTES

Una vez diseñada la instalación debe abordarse una parte fundamental del proyecto, definir una correcta gestión de la instalación para abordar las tareas de mantenimiento, reposición y autofinanciación por parte de la comunidad.

La FAO financia la parte del proyecto que engloba tanto los diferentes elementos que constituyen la mini red híbrida completa con los accesorios necesarios para su funcionamiento como la propia instalación de todos ellos. Sin embargo, una vez se ha dispuesto todo de manera que está correctamente preparado para empezar a funcionar, la comunidad es la responsable de hacerse cargo de cualquier contra tiempo que pudiese ocurrir. Como se introdujo en el primer punto del trabajo, los miembros de la comunidad serán prosumidores.

Para ello, a continuación, se estudiarán todos los aspectos relacionados con el futuro desembolso y las plausibles gestiones que tendrán que llevar a cabo los consumidores de la comunidad rural de El Santuario para facilitar la continuidad del proyecto en el tiempo. Con este fin, va a abordarse aspectos claves de la instalación como son las tareas precisadas de mantenimiento para favorecer el correcto funcionamiento el mayor tiempo posible de los elementos, los costes que esto conlleva a la comunidad, la vida útil de cada elemento de la instalación con sus respectivos costes de reposición, posibles tarifas asociadas al consumo del suministro eléctrico con el fin de conseguir la autofinanciación deseada por parte de la comunidad y los diferentes tipos de formas y estructuras de cobro de los costes de consumo. También se analizarán plausibles escenarios de familias donde cada cual tenga un consumo diferente con tal de dar la mayor veracidad posible y así garantizar al máximo la recaudación de los fondos necesarios para prolongar el suministro eléctrico en el tiempo causando el menor perjuicio posible en el aspecto económico a los usuarios. Por último, se estudiarán todos los escenarios en los que podría derivar la demanda de electricidad por parte de la comunidad.

8.1 Amortización

Primeramente, se expondrán los costes de amortización que los usuarios del nuevo suministro eléctrico de la comunidad rural van a tener que afrontar. Estos futuros desembolsos, junto con los costes de mantenimiento que posteriormente se estudiarán, corresponderían con los costes fijos que la población de El Santuario tendrá que hacerse cargo. Con este objetivo, a continuación, se va a proceder a desarrollar cual ha sido el análisis realizado a cerca de los mismos en cada uno de los elementos de la instalación. Por un lado, se ha definido la vida útil de cada elemento y, seguidamente, se ha establecido el coste de reposición que dicho elemento tendría para poder así obtener el coste anual de la amortización total de todos los equipos y la instalación.

En la siguiente tabla, puede apreciarse de manera precisa cuál es el coste de reposición total de cada elemento, la vida útil de estos y sus respectivos costes de amortización al año. De entre la información contenida en ella, destacan varios aspectos. En primer lugar, la mayoría de los elementos de la instalación disponen de una vida útil de aproximadamente veinte años. Algunos de los elementos encuentran su vida útil definida entre un intervalo. En esos casos, cabe destacar que se ha considerado el peor escenario posible, es decir, el escenario con menor vida útil dentro de la franja esperada, para que ningún imprevisto pueda alterar el continuo suministro eléctrico a través de la mini red híbrida. En segundo lugar, es relevante destacar como, de entre todos los costes de

reposición y todos los costes de amortización por año, el elemento que mayor coste supone son las baterías. Partes que, casualmente, son las más frágiles de la instalación. Este hecho se traducirá en una mayor dedicación a las mismas durante el mantenimiento de la instalación, como luego se explicará. Por último, mencionando los resultados obtenidos en el estudio de los costes de amortización, se observa como el coste total de reposición de la instalación será de 1131017,62 lempiras y el gasto de amortización al año que deberá hacer frente la comunidad en su autofinanciamiento será de 56014,22 lempiras como se puede apreciar en la siguiente tabla.

	Equipo	Unidades	Vida Útil (años)	Coste Reposición por Ud (euros)	Coste Reposición total (lempiras)	Coste Amortización por año (lempiras)
1. Baterías	HOPPECKE 48V Power VL 2-1610	6	20	15200	365602,56	18280,13
	HOPPECKE 24 V Power VL 2-215	9	20	1590	57365,93	2868,30
2. Paneles fotovoltaicos	Eagle PERC 48 V60 M X26 MODULOS	7	25	5400	151532,64	6061,31
	Eagle PERC 24V 60 P X26 MODULOS	18	25	134	9669,23	386,77
3. Inversor	Sunny TriPower 25000 TL 48V	2	20-25	2400	19242,24	962,11
	Sunny Boy 48V	9	20-25	717,47	25885,74	1294,29
4. Gestores de red	Sunny Island 8.0 H	6	20	3926	94431,29	4721,56
5. Gestor Multicluster	Multicluster-Box 6	1	20	3300	13229,04	661,45
6. Estructura de soporte	FV915 2 FILAS C/RED 20 PANELES	9	25-30	977,5	35267,42	1410,70
	KHT915 TEJA 2 PANELES	9	25-30	87,64	3161,98	126,48
7. Gasificador	AllPowerLabs PP30 25kVA	1	20	48200	193224,16	9661,21
8. Triturador	Teknamotor 20-SKORPION-160-e	1	20	3130	12547,54	627,38
9. Cableado	CABLEADO GENERAL (m)	4000	20	2,15	34475,68	1723,78
10. Protecciones	DIFERENCIAL ACTI 9 IID		VER MONTAJE DE CUADROS ELÉCTRICOS			
	MAGNETOTERMICO ACTI 9 NG125LMA					
	FUSIBLES AC-0 Gg					
	MONTAJE DE CUADROS ELECTRICOS	2		-	1200	9621,12	962,11
	PROTECCIONES INDIVIDUALES	86	-	56,77	19571,84	1957,18
11. Medición de contadores	SISTEMA DE CONTADORES	86	15-20	250	86189,20	4309,46
COSTE TOTAL REPOSICIÓN ELEMENTOS INSTALACIÓN (LEMPIRAS)					1131017,62	
COSTE TOTAL AMORTIZACIÓN POR AÑO (LEMPIRAS)						56014,22

Tabla 6: Costes de amortización de la instalación. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.

8.2 Mantenimiento

En segundo lugar, se abordará la cuestión del mantenimiento de los equipos. El objetivo principal que se busca es prolongar tanto como sea posible la vida útil de la instalación de manera que se reduzcan los costes relativos de amortización en el tiempo, es decir, queremos que la instalación funcione de manera correcta y eficiente el mayor tiempo posible y así disponer de más tiempo para recolectar el dinero necesario para la reposición de los equipos. Al mismo tiempo, debemos realizar un equilibrio con los costes de mantenimiento ya que no tendría sentido desembolsar dinero excesivo en las labores dedicadas a mantener una instalación que contiene partes demasiado desgastadas y cuyo coste relativo a la proporción de electricidad obtenida a partir de los recursos energéticos es excesivo. Ni tampoco malgastar recursos económicos en sobre mantenerla.

Se procederá a desarrollar las tareas específicas que se deberán llevar a cabo en cada elemento de la instalación. En cada una de ellas se detallarán los tiempos que se estiman necesarios emplear y la frecuencia en la que sería correcto que se realizasen. Con todo ello se pretende obtener la cantidad

de horas al año que se destinarán a cada elemento de la mini red híbrida en particular, así como las horas totales al año de las que precisará la instalación para con su mantenimiento.

8.2.1 Baterías

Para comenzar, cabe precisar que las baterías son unos de los elementos más importantes a la par que sensibles de la instalación. En consecuencia, las labores de mantenimiento sobre ellas son de suma relevancia. Teniendo en cuenta esto y basando el estudio en las recomendaciones de la tienda Consumo Solar especializada en energías renovables, se ha definido que el mantenimiento de este elemento debe consistir en las siguientes tareas. Una comprobación exhaustiva de la apariencia exterior de las mismas. El objetivo es comprobar con esta sencilla tarea rutinaria que no existan indicios de cualquier tipo de defecto en ellas que pueda perjudicar su funcionamiento y extender el daño a más partes de la instalación. Se debe mantener una limpieza rigurosa para prevenir daños provocados por contextos tales como corrosión, sequedad, polvo, etc. A su vez, es importante comprobar las conexiones de las baterías con los demás elementos, la tensión a la que se encuentran, la densidad del electrolito y, por último, comprobar periódicamente que el nivel del agua sea el adecuado; de lo contrario, será pertinente rellenar con agua destilada que no contenga aditivos con la cantidad oportuna en ese caso.

Para realizar estas tareas, teniendo en cuenta que se disponen un total de quince baterías en total, se destinarán 260,75 horas al año. Dado que todas ellas se encuentran en un mismo módulo y por ende en la misma localización, el tiempo de desplazamiento que se deberá emplear en el desplazamiento hasta las mismas no será demasiado. Al mismo tiempo, se ha definido para las tareas de revisión de la apariencia, la limpieza y la comprobación de sus conexiones que la frecuencia con la que se deben realizar es de diez días. Asimismo, cada mes se procederá a comprobar que el nivel de agua y la densidad del electrolito es la adecuada. Con todo esto, se ha establecido una duración de entre diez y quince minutos para el desplazamiento, alrededor de veinte minutos para las tareas de revisión por batería y veinte minutos más cada dos meses por batería para las comprobaciones del nivel de agua y de densidad.

8.2.2 Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos, pese a no ser elementos tan delicados como lo son las baterías, requieren una gran atención. Al tratarse de una instalación de mini red híbrida cuyo recurso principal como generador de electricidad es la energía fotovoltaica, los paneles fotovoltaicos se encuentran en la base que sustenta el proyecto. Es más que recomendable que las condiciones en las que se hallen sean las óptimas. De esta manera se conseguirá captar la radiación solar de la manera más eficiente posible. Asimismo, reduciremos la necesidad de desgastar otras partes de la instalación como las baterías, el triturador o el gasificador y economizaremos mejor los recursos de los que se dispone.

Las tareas de mantenimiento de los paneles fotovoltaicos son principalmente dos: se recomienda realizar revisiones periódicas de los mismos en los que comprobemos la inexistencia de abolladuras u otras lesiones de cualquier índole en la superficie que pueda perjudicar de cualquier manera la captación de radiación solar; además, se deberá proceder a limpiar la suciedad que se acumule sobre los paneles fotovoltaicos reduciendo la superficie captadora de luz. Al igual que ocurría con las baterías, los paneles fotovoltaicos se encuentran todos en el mismo lugar y por consiguiente el

tiempo de desplazamiento será reducido, entre diez y quince minutos. Este tiempo incluye los breves recorridos que hay que efectuar para trasladarse de un panel a otro. Por otro lado, en las tareas de revisión de desperfectos superficiales y limpieza de suciedad como polvo, se destinarán alrededor de veinte minutos por panel y deberán efectuarse cada veinte días. De esta manera se garantizará que la instalación capta toda la energía posible. Con todo ello, y dado que hay veintiséis paneles, el tiempo total al año destinado a estos elementos será de 161,21 horas.

8.2.3 Inversores y gestores

El inversor, los gestores de red y el gestor multicluster requieren de las mismas labores de mantenimiento y, por consiguiente, se analizarán todas a la vez. Estas tres partes de la instalación, debido a las funciones que realizan dentro de la misma, son las más expuestas a verse damnificadas gravemente dado cualquier contratiempo relacionado con los aspectos más técnicos de la instalación tales como las tensiones y las intensidades de la misma. Por ello, las diferentes revisiones y tareas de mantenimiento que se realicen sobre ellos requerirán de una cantidad de tiempo ligeramente superior en comparación con otras partes de la instalación.

Las labores de mantenimiento se han establecido basadas en los especialistas en ahorro energético y energías renovables Cambio Energético y en este caso consistirán principalmente en comprobaciones. Se deberá proceder a verificar periódicamente que no hay constancia de presencia alguna de indicios de sobretensiones o fallas. También es importante comprobar la fijación del cableado y su estado; este debe encontrarse sin signo alguno de degradación. Esta labor es de gran relevancia pues con el transcurso del tiempo las conexiones pueden debilitarse aflojándose y terminar generando puntos calientes. Es fundamental tratar de evitar la aparición de estos puntos calientes ya que favorecen la aceleración de la degradación de los materiales que se encuentran bajo los efectos de la elevada temperatura. Por otro lado, hay que asegurarse de que las tensiones y las intensidades que tanto se emiten como se reciben por parte de estos elementos se hallan dentro de los límites adecuados en su diseño. Asimismo, la limpieza de polvo u otros elementos que ensucien el inversor o los gestores vuelve a ser necesaria en este caso. Inconvenientes tales como el sobrecalentamiento o cortocircuitos son habituales cuando en ellos existe una excesiva acumulación de estas partículas.

La frecuencia con la que realizaremos estas tareas de mantenimiento varía en función de la acción concreta a llevar a cabo. Con una periodicidad de quince días se procederá a llevar a cabo tanto la comprobación de que no existan las sobrecargas y las fallas como la adecuación respecto de los márgenes establecidos de las tensiones y las intensidades. En cambio, cada veinte se limpiará el polvo, y relacionados, que se acumula. Por último, cada tres meses revisaremos que la conexión del cableado es la correcta. El tiempo destinado a estas labores será de veinte minutos para las comprobaciones técnicas, quince minutos para el desplazamiento y la limpieza y diez minutos para la fijación del cableado. Con todo ello, al año se emplearán un total de 593,12 horas para el mantenimiento de todos ellos.

8.2.4 Estructura de soporte

La importancia de la adecuada conservación de las estructuras de soporte está directamente relacionada con la de los paneles fotovoltaicos. Como se ha explicado, el estado de estos últimos es

de fundamental para la correcta explotación de la instalación. Sin embargo, de nada sirve que los paneles se encuentren en un estupendo estado de conservación si la disposición en la que se encuentran en el espacio no es la correcta o, simplemente, si la estructura falla y se dañan inevitablemente. Por este motivo, las estructuras deben tener un mantenimiento riguroso.

Como cualquier estructura cuya finalidad sea el soporte, la fijación de los elementos, la estabilidad y el estado de los materiales debe ser el adecuado para poder soportar las fuerzas que sobre estas estructuras se ejercen. En consecuencia, las tareas de mantenimiento que se deberán ejecutar van en esta línea. Revisiones del anclaje y reapriete de tuercas que aseguren la funcionalidad, pintura preventiva con propiedades antioxidantes que garanticen la resistencia necesaria a la estructura y las diferentes comprobaciones que supervisen la ausencia de defectos potencialmente peligrosos para la seguridad de los paneles fotovoltaicos son las tareas que deberán llevarse a cabo.

No obstante, dada la gran diferencia que se encuentra en Honduras dependiendo de la época del año, la frecuencia con la que realizaremos el mantenimiento variará dependiendo de si de la estación seca o de la estación de lluvias se trata. Durante el periodo de tiempo en el que la lluvia es menos frecuente, el anclaje y el reapriete se realizará una vez al igual que la pintura preventiva. En cambio, una vez al mes será preciso comprobar que no haya desperfecto alguno en las estructuras.

Por otro lado, en la época de lluvias la revisión de hipotéticos daños se llevará a cabo una vez cada diez días. La pintura antioxidante preventiva se realizará en esta ocasión dos veces, tanto al comienzo de dicha estacionalidad como a mitad de la misma para prevenir debilitaciones de la estructura. A su vez, el reapriete y anclaje deberá proceder a ejecutarse con una periodicidad de dos meses.

Con todo ello, el tiempo destinado a cada acción es el siguiente. Al igual que en el caso de los paneles fotovoltaicos, el desplazamiento consumirá aproximadamente quince minutos. El pintado implicará veinte minutos por estructura de soporte. Otros veinte minutos serán necesarios para el apriete y anclaje de las tuercas y demás elementos. Y a todos ellos se suman diez minutos destinados por estructura a la revisión de desperfectos y daños. Teniendo en cuenta todo esto, se estima que el tiempo destinado a las estructuras de soporte sea de 200,44 horas al año.

8.2.5 Gasificador

El mantenimiento del gasificador, en comparación con los elementos de la instalación, necesita de unas tareas más relativas en el tiempo. Esto es porque, así como partes de la instalación como pueden ser los paneles fotovoltaicos y sus estructuras, los inversores o las baterías entre otros mencionados anteriormente, estarán en constante funcionamiento en la instalación, el gasificador será un elemento que funcionará por cantidad de horas al día. El objetivo de esto es potenciar la economía de la biomasa que emplea para funcionar y que se obtendrá de los árboles de la zona. Se pretende que el gasificador funcione unas tres o cuatro horas de media al día como máximo, pero siempre buscando tratar de minimizar su uso.

Con todo ello, a través del propio manual PP30 Operational Manual del fabricante All Power Labs, se ha estimado que el mantenimiento de esta parte de la instalación requerirá de 73,23 horas al año. Como se puede ver en la siguiente imagen, las principales tareas a realizar son comprobaciones de elementos del mismo tales como los filtros y limpiezas de las diferentes partes.

Service Interval	Type	List	Gas Making vs Power Gen
100 hours	Task	clean cyclone insides from base with scraping bar	gasmaking
100 hours	Gasket	check/replace filter gaskets	gasmaking
125 Hours	Consumable	check/replace: Graphite Paste (PYR> COW)	gasmaking
125 Hours	Part	check/replace: Cyclone collection can gasket (PP-GSF	gasmaking
125 Hours	Task	Check/ Calibrate O2 sensor	gasmaking
125 Hours	Task	Clean air intake check valve (PLB-SWC-1.5-BRS)	gasmaking
125 Hours	Task	Clean CYC to IHX gas line	gasmaking
125 Hours	Task	fill ash auger tube with grease	gasmaking
125 Hours	Task	fill grate shake tube with grease	gasmaking
125 Hours	Task	remove soot build up from airlines (reactor burnout)	gasmaking
125 Hours	Task	various alarms and fixes per week	gasmaking
200 hours	part	check /replace governor bearings	powergen
200 hours	part	check/replace PP-FLR-GAS BLOWER	gasmaking
200 hours	task	deep clean governor	powergen
250 hours	consumable	check/replace GRAPHITE PASTE (for grate door)	gasmaking
250 hours	gasket	check/replace cyclone sani gasket (GSK-PTFE-SANI-2)	gasmaking
250 hours	gasket	check/replace: PTFE gasket for pyroreactor viewport	gasmaking
250 hours	gasket	check/replace: PTFE gasket for sanitary tube fitting fo	gasmaking
250 hours	task	calibrate pressure sensors	powergen
250 hours	task	check/clean spark plugs	powergen
250 hours	task	clean out inside of pyroreactor and hearth surface , p	gasmaking
250 hours	task	gasifier grate basket clinker purge and inspection	gasmaking
250 hours	task	tighten nut on gear shaft bolts on collars	gasmaking
250 hours	task	tighten shaft collar and hardware on fuel auger assem	gasmaking
500 hours	consumable	check/replace| graphite paste (PYR> CYC)	gasmaking
500 hours	consumable	check/replace: graphite paste (PYR> DRK)	gasmaking
500 hours	consumable	replace engine coolant (12 qt fill)	powergen
500 hours	consumable	Replace: Engine Oil	powergen
500 hours	consumable	replace Ashok engine oil filter	powergen
500 hours	gasket	check/replace: GSK-PTFE-SANI 4 (ACV lid Sani gasket)	gasmaking
500 hours	Task	Check/Clean Battery Terminals	powergen
625 hours	Major assembly	Check/Replace Pyroreactor	gasmaking
1000 hours	Major assembly	Check/Replace gas cowling assembly	gasmaking
1000 hours	part	gas cowling assembly	gasmaking
1000 hours	task	flush radiator	powergen

Tabla 7: Instrucciones de las tareas de mantenimiento del gasificador (All Power Labs, 2018)

8.2.6 Triturador

El caso del triturador es directamente proporcional al del gasificador, es decir, el primero de ellos únicamente realizará la cantidad de horas de funcionamiento necesarias para que el gasificador disponga de la biomasa que requiere. En consecuencia, el tiempo dedicado al mantenimiento del gasificador también es una estimación relativa de acuerdo con el estudio realizado sobre el funcionamiento de la instalación. Es relevante destacar que, pese a ser una estimación que sufre de un mayor margen de error, a la hora de considerar el tiempo que deberá ser empleado en este elemento, al igual que se ha hecho con el gasificador, siempre está diseñado respecto a la situación más perjudicial.

Las tareas que deberán realizarse para conseguir un adecuado funcionamiento del triturador de acuerdo con las instrucciones de fabricación y la fuente Power Equipment Direct son las siguientes. En primer lugar, es fundamental una limpieza profunda y exhaustiva de los residuos de biomasa que puedan permanecer en el triturador tras su funcionamiento con el objetivo de evitar que cualquier resto bloquee o impida el correcto funcionamiento de cualquier pieza o engranaje de las mismas. En segundo lugar, el triturador requiere de un drenaje del aceite que emplea. Además, se debe realizar

el filtro de aire y comprobar si requiere de ser cambiado. El filtro es una de las partes más delicadas del triturador y, aunque es recomendable cambiarlo cada veinticinco horas de uso aproximadamente, será conveniente que se chequee periódicamente su estado a fin de corroborar su estado. Por otro lado, aunque no se deba cambiar en cada revisión que se haga al triturador, sí será conveniente llevar a cabo limpiezas del mismo. Estas limpiezas se realizarán con agua y no se dispondrá a colocar de nuevo el filtro hasta que este no se encuentre totalmente seco. Por último, es conveniente comprobar a su vez el estado de la bujía y, en el momento en el que se aprecie que se encuentra oxidada, será preciso cambiarla por una nueva.

Concretando el tiempo empleado en cada tarea y la frecuencia en la que realizaremos las mismas, se realizará el cambio de aceite y la limpieza de los restos que puedan ir depositándose cada tres meses. En cambio, la limpieza del filtro junto con su respectivo secado se llevará a cabo cada mes. Por último, las comprobaciones de las bujías se harán cada dos meses. El tiempo a emplear en cada tarea varía. El cambio de aceite consumirá entre tres horas y tres horas y media, el desplazamiento en estas tareas, teniendo en cuenta que se deberá transportar los residuos del cambio de aceite usado, será de cuarenta minutos. La revisión del filtro será de veinte minutos. Sin embargo, en los casos en los que este deba ser limpiado el tiempo necesario asciende a sesenta minutos y, por tanto, la estimación media del tiempo dedicado al filtro será de cuarenta minutos en promedio. Por último, la comprobación de la bujía requerirá de cincuenta minutos. Y, por consiguiente, el tiempo que se empleará al año en el mantenimiento del triturador será de 101,67 horas.

8.2.7 Cableado

El mantenimiento del cableado consistirá en una revisión del estado del mismo y en el reapriete de las conexiones. Estas tareas de ejecución aparente sencilla son relevantes ya que a través del cableado es posible identificar defectos en la instalación.

Se ha estimado que el tiempo a emplear dado que se disponen de cuatro mil metros de cable sea de 134,33 horas al año dedicando aproximadamente un minuto de media por cada metro de cable en revisiones cada medio año y teniendo en cuenta un tiempo destinado en desplazamientos y adecuación de las condiciones para la revisión de media hora.

8.2.8 Protecciones

Para el mantenimiento de las puestas a tierra, se ha decidido seguir las recomendaciones de la normativa española por ser muy completa pues abarca todas las situaciones, a la vez que es la más conocida por los autores del estudio de la instalación y los años de uso de la misma y la efectividad de estos la abalan. Por ello, se ha decidido que, para el caso de esta instalación, aunque no lo precisa, se van a ejecutar las medidas del caso más restrictivo. De esta manera se asegurará su adecuado funcionamiento y la debida protección. Es conveniente hacerlo así ya que la comunidad rural nunca ha sido poseedora de una instalación eléctrica como esta. Por consiguiente, es preferible asumir el caso más restrictivo ya que solo emplea dos horas al año, y evitar cualquier mínimo riesgo que pudiese causar un perjuicio a cualquiera de los miembros de la comunidad.

8.2.9 Medición de contadores

En el caso de los contadores, es determinante para la viabilidad en el tiempo del proyecto que estos funcionen correctamente. Los contadores serán los encargados de medir el consumo eléctrico por parte de los usuarios y es fundamental de cara al mantenimiento y amortización de la instalación tener un control sobre quién, cuándo y cuánto consume qué electricidad.

Para disponer del adecuado funcionamiento de los contadores es preciso realizar un mantenimiento rutinario que lo asegure. Las tareas que se harán serán revisiones de voltajes, intensidades y frecuencias principalmente. Estas se realizarán cada mes y medio y será necesario emplear diez minutos por contador más veinte minutos de desplazamiento en total. Con todo ello, el tiempo que se utilizará al año en los contadores será de 264 horas al año.

8.2.10 Factores condicionantes a tener en cuenta

Equipo		Unidades	Tiempo empleado mantenimiento (h/año)
1. Baterías	HOPPECKE 48V Power VL 2-1610	6	106,13
	HOPPECKE 24 V Power VL 2-215	9	154,63
2. Paneles fotovoltaicos	Eagle PERC 48 V60 M X26 MODULOS	7	47,15
	Eagle PERC 24V 60 P X26 MODULOS	18	114,06
3. Inversor	Sunny TriPower 25000 TL 48V	2	65,90
	Sunny Boy 48V	9	296,56
4. Gestores de red	Sunny Island 8.0 H	6	197,71
5. Gestor Multicluster	Multicluster-Box 6	1	32,95
6. Estructura de soporte	FV915 2 FILAS C/RED 20 PANELES	9	100,22
	KHT915 TEJA 2 PANELES	9	100,22
7. Gasificador	AllPowerLabs PP30 25kVA	1	73,23
8. Triturador	Teknamotor 20-SKORPION-160-e	1	101,67
9. Cableado	CABLEADO GENERAL (m)	4000	134,33
10. Protecciones	DIFERENCIAL ACTI 9 IID	-	-
	MAGNETOTERMICO ACTI 9 NG125LMA	-	-
	FUSIBLES AC-0 Gg	-	-
	PUESTA A TIERRA	2	2,00
11. Medición de	SISTEMA DE CONTADORES	86	264,00
TOTAL DE HORAS AL AÑO			1790,75

Tabla 8: Tiempos dedicados al mantenimiento de los diferentes elementos de la instalación

Si tenemos en cuenta todas las tareas de mantenimiento en su conjunto y realizamos el sumatorio de las mismas para ver cuántas horas al año deberían emplearse para poder llevar a cabo las mismas, se llega al resultado de 1790,75 horas al año. Como puede observarse, esta cantidad de horas al año es aproximadamente el número de horas al año que emplea una persona a jornada completa en un año, es decir, 1800 horas. Este detalle es relevante ya que todas las labores de mantenimiento que se han mencionado anteriormente se pretenden que, de acuerdo con los términos acordados en el proyecto, vayan a ser realizadas por un miembro de la comunidad rural de El Santuario.

Es conveniente realizar algunos comentarios acerca de cómo se ha llevado a cabo el cálculo del tiempo destinado a cada tarea. Durante el diseño de las mismas, se ha tenido en cuenta algunos factores que han hecho que la cantidad de horas destinadas al mantenimiento sean ligeramente superiores a las que indicaban las recomendaciones de los fabricantes y demás fuentes consultadas. Los motivos que justifican esto son varios.

8.2.10.1 Conocimiento y experiencia previa

En primer lugar, en el momento de consultar en internet las diferentes fuentes se observó que, en su totalidad, los tiempos que se indicaban necesarios y/o recomendables dedicar a las diferentes tareas de mantenimiento estaban directamente destinados a personas dedicadas en su labor profesional a estas tareas. En todo momento, los cálculos que se empleaban partían de la consideración de que las personas que iban a realizar tales ejercicios eran individuos con conocimientos sobre la materia y con cierta experiencia en este sector laboral. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, la persona que va a estar encargada de las tareas de mantenimiento será un miembro de la comunidad rural. A su vez, estas personas nunca han dispuesto en su día a día no solo del servicio de suministro eléctrico sino tampoco de una instalación parecida. Por consiguiente, si bien es cierto que la persona que se encargue de estas labores recibirá una formación a partir de la cual podrá poner en práctica lo aprendido y llevar a cabo el mantenimiento, en el mejor de los casos dicha persona pese a disponer de todos los conocimientos necesarios aprendidos e interiorizados a la perfección, seguirá sin tener la experiencia de una persona con años dedicados laboralmente al sector.

8.2.10.2 Productividad

En segundo lugar, se encuentra el factor cultural. La comunidad rural de El Santuario forma parte de un país que es miembro de lo que se conoce como Latinoamérica. Los estados que forman estos países, al igual que ocurre con España u otros países del sur de Europa, por motivos culturales tienen una manera de no solo trabajar sino también ver la vida distinta a la que pueden tener países como Alemania, Estados Unidos o China. Como consecuencia, la productividad laboral por horas en los países del sur de Europa y los países latinoamericanos, aunque con excepciones pues como es obvio son naciones que abarcan a una cantidad inmensa y se pueden encontrar todo tipo de personas, tiende a ser inferior que en los países del norte de América o Europa. Este es un hecho a tener en cuenta porque de no ser así acarrearía una doble problemática. Por un lado, si se están diseñando unas tareas para el nivel de productividad acorde a un estado que no corresponde con el del país que se trata en cuestión, se acabaría viendo como las labores no estarían terminadas en los plazos establecidos. De esta manera, el mantenimiento de la instalación, y por ende la misma, se vería descuidada y esta situación muy plausiblemente podría conllevar a un contexto en el que la instalación debido a las carencias de mantenimiento sufriese de ineficiencias, desperfectos e incluso accidentes. Pero, además, por otro lado, se estaría perjudicando directamente al individuo encargado de llevar a cabo estas tareas.

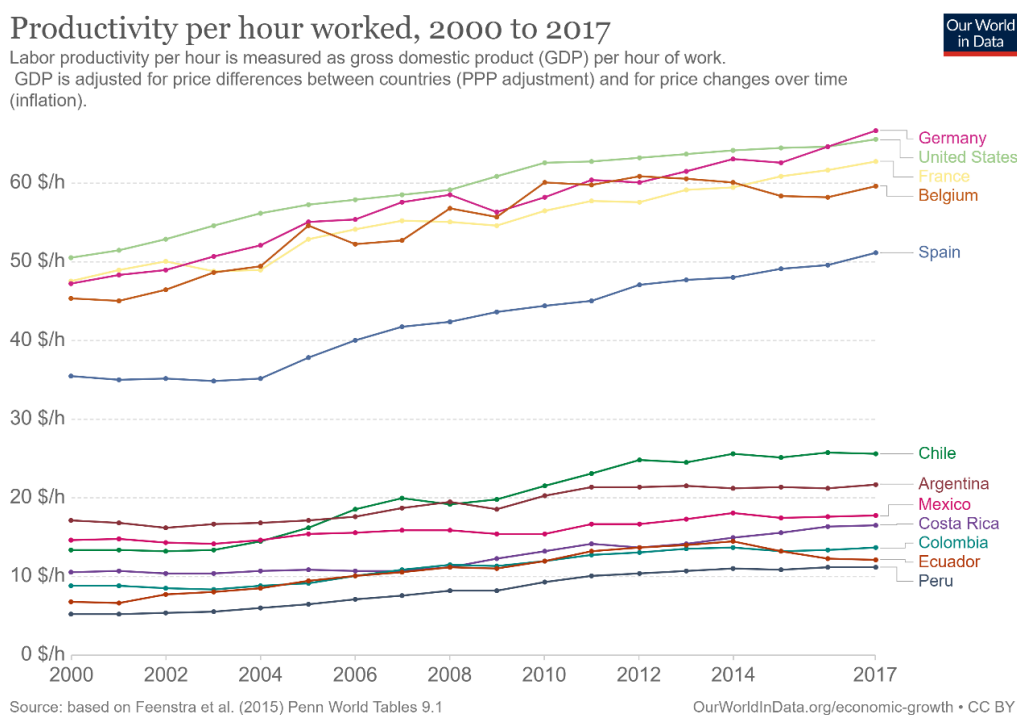


Figura 20: Productividad por hora trabajada por países en este siglo (Oxford, 2018)

En el gráfico anterior puede apreciarse lo comentado anteriormente. Ha sido imposible encontrar datos de Honduras sobre la productividad y el rendimiento laboral por horas que se encontrasen comparados con otros países. Sin embargo, sí puede observarse a una cantidad sustancial de países del entorno de Honduras que nos permiten corroborar que el análisis y las conclusiones son correctas. Se puede observar como en la parte superior se encuentran los países que se suelen clasificar como norte de Europa como son Alemania, Francia o Bélgica junto con Estados Unidos. Tal y como se había afirmado, estos países son los que tienen una mayor productividad en el trabajo. Además, España se encuentra muy por debajo en comparación con los anteriores tal y como se había afirmado. Mientras que España tiene una productividad de alrededor de cincuenta dólares por hora, la de los estados mencionados anteriormente es de como mínimo de sesenta dólares por hora. Estos indicadores contrastan con los de los países latinoamericanos ya que exceptuando Chile y Argentina que gozan de unos indicadores superiores a los de los demás, estos siguen siendo muy inferiores a los países europeos o Estados Unidos. Chile y Argentina tienen una productividad de poco más de veinte dólares por hora. Por otro lado, tanto México, Perú, Costa Rica, Colombia y Ecuador no alcanzan los 20 dólares por hora.

Por todo esto, la manera en la que cada país enfoca el trabajo y la productividad asociada al mismo sí dependen de la cultura y la historia del mismo. Si establecemos un horario a un hondureño en función de la visión que tiene una persona con un background cultural totalmente diferente, atentaría contra el bienestar personal de esta. Asimismo, que la persona que se encarga de estas tareas se encuentre a disgusto, y que además sea por factores que son fácilmente modificables, podría desembocar en una falta de motivación de la persona que, junto con el ya malestar impuesto

a la misma, llevara a descuidar las tareas y la instalación terminase recibiendo un mantenimiento inadecuado.

A razón de todo lo analizado, se ha procedido a sobredimensionar levemente la cantidad de horas destinadas a tales tareas. Así se consigue el triple objetivo de no solo no alterar la tradición laboral cultural de la zona ni garantizar un adecuado mantenimiento sino también se diseña la instalación teniendo en cuenta que pueden ocurrir ciertos imprevistos. De esta manera, y como se repetirá a lo largo del trabajo, se ha decidido por tanto diseñar la instalación teniendo en cuenta el peor escenario posible para así garantizar al cien por cien el adecuado funcionamiento del proyecto en el tiempo.

8.2.11 Encargado de las tareas de mantenimiento

Como se ha introducido anteriormente, las tareas de mantenimiento precisarán de un individuo de la propia comunidad que se encargue de realizarlas consumiéndole estas toda su disponibilidad de tiempo laboral. Como consecuencia, la persona en cuestión que se encargue de llevar a cabo tal trabajo ya sea una persona que tuviese un empleo previo distinto o una persona desempleada, deberá como es justo recibir una remuneración económica por los servicios prestados.

8.2.11.1 Posibles remuneraciones

A la hora de definir cuál es el sueldo que debería percibir la persona encargada se han tenido en cuenta todos los puntos de vista. Estos son, cuál debería ser el sueldo en cuestión tanto desde el punto de vista de la persona misma como de la comunidad rural completa, pues toda la población de la misma será la que financia el salario. Pero, asimismo, se ha tenido en cuenta en todo momento la viabilidad económica de la instalación. Con todo ello, se pretende que la persona al cargo disponga de un salario justo dadas las tareas realizadas y las horas dedicadas, pero también que este salario sea acorde con los recursos económicos de la comunidad rural de El Santuario y que no obstaculice la continuidad en el tiempo del proyecto con ningún tipo de inconveniente ya sea económico por escasez de liquidez o social por disputas entre vecinos.

Con estas intenciones como premisa, se han analizado tres escenarios diferentes con el fin de alcanzar la mejor solución posible. Estos tres escenarios pasan por diferenciar entre tres posibles salarios distintos. El primero de ellos corresponde con el salario mínimo que cobra un trabajador del sector eléctrico en Honduras. El segundo de ellos hace referencia al salario mínimo de un trabajador del sector agrícola en Honduras. Por último, el tercer salario se encuentra asociado al salario medio de un trabajador de las zonas rurales. Las razones por las que se han escogido estas tres posibilidades en concreto son las siguientes: Respecto a por qué se ha decidido que en los dos primeros casos sea el salario mínimo y no uno superior, los motivos se deben sobre todo a la diferencia de remuneración salarial que, como se indicó previamente, existe entre las zonas rurales y las zonas urbanas. El salario mínimo en ambos casos es superior al salario medio de las zonas rurales por lo que, relacionado con el contexto socioeconómico del beneficiario, el sueldo sería de los más elevados de la comunidad. Respecto a por qué el sector eléctrico y el agrícola, se han decidido que sean ambos por la relación con los trabajos que desempeñan ya sean parte de la comunidad en el caso del sector agrícola o el individuo encargado del mantenimiento en el sector eléctrico. En ambos casos, se concibió apropiado estudiar los escenarios ya que o bien era el sector propio del empleo a realizar, o bien era el sector propio de toda la comunidad que a fin de cuentas son los que con los recursos económicos

de los que dispongan deberán autofinanciar el funcionamiento. Con respecto a por qué el tercer caso, el salario medio rural, la respuesta es sencilla. Al final, se dedique la persona a lo que se dedique, vive e interactúa en un entorno determinado con unas características generales concretas. Se ha considerado que es apropiado que el sueldo medio del entorno del individuo sea un escenario que refleje muy acertadamente tanto las posibilidades de financiarlo por parte de la comunidad como la seguridad de que la persona será capaz de cubrir las necesidades de las que precise como si de otro trabajo se tratase.

A los tres diferentes escenarios les corresponden tres sueldos diferentes. Según diferentes fuentes del país hondureño como La Prensa o Red Honduras, el sueldo mínimo del sector eléctrico corresponde a 39,74 lempiras por hora trabajada; el sueldo mínimo del sector agrícola corresponde a 28,18 lempiras por hora trabajada; y, por último, el sueldo medio de las zonas rurales corresponde a 10,54 lempiras por hora trabajada.

Para decidir qué sueldo es el más conveniente asignar como remuneración por las tareas de mantenimiento, se ha procedido a separar los costes en costes fijos y costes variables, es decir, costes de amortización y costes de mantenimiento. Se ha analizado cuáles serían los gastos a los que debería hacer frente la comunidad en los tres casos para proceder a decidir cuál de todos ellos es el más apropiado dados los objetivos y las consideraciones anteriormente descritas. Tras realizar los cálculos, los resultados a los que se ha llegado son los siguientes.

COSTES POR AÑO (Lempiras)	Amortización	Mantenimiento salario mínimo s. agrícola	Mantenimiento salario mínimo s. eléctrico	Mantenimiento salario medio zonas rurales
Baterías	18280,13	2990,60	4217,41	1118,96
	2868,30	4357,33	6144,80	1630,33
Paneles fotovoltaicos	6061,31	1328,57	1873,58	497,09
	386,77	3214,28	4532,84	1202,65
Inversor	962,11	1857,12	2618,95	694,86
	1294,29	8357,05	11785,28	3126,85
Gestores de red	4721,56	5571,37	7856,86	2084,57
Gestor Multicluster	661,45	928,56	1309,48	347,43
Estructura de soporte	1410,70	2824,16	3982,69	1056,68
	126,48	2824,16	3982,69	1056,68
Gasificador	9661,21	2063,62	2910,16	772,12
Triturador	627,38	2864,97	4040,23	1071,95
Cableado	1723,78	3785,51	5338,41	1416,38
Protecciones	962,11	56,36	79,48	21,09
	1957,18	0,00	0,00	0,00
Medición de contadores	4309,46	7439,52	10491,36	2783,55
TOTAL				
	56014,22	50463,20	71164,22	18881,17

Tabla 9: Costes de mantenimiento en función del salario del encargado de dichas tareas. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.

Los costes de amortización ascienden a la cifra de 56014,22 lempiras mientras que los costes de mantenimiento corresponderán con una de las tres siguientes opciones: 50463,20 lempiras, 71164,22 lempiras o 18881,17 lempiras.

8.2.11.2 Remuneración escogida

Atendiendo a las consideraciones que se han señalado que se van a tener en cuenta se deduce lo siguiente. Las tres opciones se pueden clasificar como una remuneración justa para el individuo pues el caso en el que el trabajador percibiría un menor sueldo, este seguiría siendo acorde a los ingresos medios de los trabajadores de todos los sectores en las zonas rurales. Por consiguiente, tendría cubiertas todas las necesidades que pudiesen derivar del día a día en la comunidad. Por este motivo, se considera que, a ojos de la persona encargada del mantenimiento, en todos los casos el sueldo que percibiría será justo y acorde a la tarea realizada. En lo referido a la comunidad y a la viabilidad de la instalación la situación es diferente. Se considera que, dado el poder adquisitivo de los individuos de la comunidad rural, el hecho de que esta persona reciba unos ingresos considerablemente superiores a los que prácticamente la totalidad de la población de El Santuario se encuentra percibiendo, podría generar un descontento entre sus ciudadanos porque cabe recordar que serán todos ellos los que, con sus recursos económicos, van a proporcionar la financiación de este sueldo. Como consecuencia de esto, se ha decidido que dada la situación socioeconómica de la comunidad y los diferentes desencuentros o tensiones que pueden aparecer como consecuencia de esta, la mejor de las opciones sería la tercera. Por otro lado, desde el punto de vista de la instalación y su viabilidad económica, se ha alcanzado una conclusión idéntica. Cada lempira que se añada al coste del mantenimiento serán lempiras de las que los usuarios deberán hacerse cargo. Por este motivo, es importante dentro de los márgenes de la coherencia y sin minar los méritos de la persona encargada del mantenimiento y el merecimiento del mismo de disponer de un salario acorde con la dedicación empleada, tratar de reducir tanto como sea posible los costes totales que la instalación supondrá a la comunidad.

Por todo ello, se pretende para evitar que el pago de la factura del suministro eléctrico sea convertida en inviable para las familias dados los recursos económicos de los que disponen, como más adelante en el análisis propio a los costes de consumo se detallará, que el coste total anual de amortización y mantenimiento no supere los 90000 lempiras. Y, como se aprecia en la siguiente tabla, solo una de las tres alternativas, la referida a asignar al mantenimiento el salario acorde a la remuneración media de las zonas rurales, cumple con tal consideración.

COSTES ANUALES AMORTIZACIÓN Y MANTENIMIENTO (Lempiras)	
Opción 1	106477,42
Opción 2	127178,44
Opción 3	74895,39

Tabla 10: Opciones disponibles de los costes anuales totales de la instalación. 1€ es equivalente a 27,79 lempiras.

8.3 COSTES TOTALES DE LA INSTALACIÓN

Sin embargo, se ha decidido tener en consideración una variable más para asegurar la perfecta funcionalidad del proyecto. Esta consiste en tener en cuenta la posibilidad de que dada una avería muy compleja que no pudiese ser resuelta por la persona encargada del mantenimiento o que precisase de material muy específico que hubiese que adquirir o asistencia técnica altamente especializada con tal de solucionar el problema. O simplemente que una pieza se estropeeé antes de tiempo. Con el objetivo de garantizar tener la capacidad económica de solventar estos posibles

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

inconvenientes se ha decidido incrementar el coste total anual un quince por ciento y resumiendo todo lo analizado hasta el momento en relación a los gastos a afrontar por parte de la comunidad, el coste total anual de mantenimiento y amortización de la instalación será de 86129,70 lempiras.

9. CONSUMOS

9.1 Diferentes tipos y horarios de consumo

Para tener una referencia más clara de las características de la comunidad rural a la hora de los consumos, se han tomado algunas diferenciaciones y clasificado según las mismas los consumos esperados. En la siguiente figura se distinguen los dos tipos de consumo que tiene la comunidad: aquellos debidos a particulares en sus propias casas por un lado y provocados por elementos comunes por el otro, es decir, el consumo comunitario y el residencial. Asimismo, como se introdujo en la gráfica de la curva de carga esperada, el consumo esperado por parte de la comunidad no es lineal durante el día, existiendo una mayor tendencia al mismo tanto en los momentos previos al inicio de la jornada laboral como en los momentos posteriores a finalizar la misma. Por este motivo, se ha distinguido la demanda residencial en función de los horarios del día. Únicamente se ha hecho esto con la demanda residencial ya que la demanda común al destinarse a servicios como el alumbrado exterior no dispone apenas de margen de modificación por parte de los usuarios. A su vez, esta bipartición desigual del día en horario favorable y en horario desfavorable está regida por dos condicionantes: las baterías y la radiación solar. Las horas de luz en El Santuario comienzan a las seis de la mañana y finalizan a las seis de la tarde. Este tramo sería lo que se considera horario favorable ya que la instalación funcionaría a partir de la energía obtenida del sol y no solo se consumiría electricidad únicamente a partir de fuentes de energía renovables, sino que además se ahorraría en la madera que se habría destinado al gasificador. Por este motivo, en todo momento se fomentará un uso de los elementos conectados al suministro eléctrico durante las horas de sol. Sin embargo, el horario favorable comienza dos horas después del amanecer y finaliza dos horas antes del atardecer. Por un lado, la reducción de tiempo a primera hora del día se debe a que la energía que se obtiene en esas dos primeras horas se dedica a la carga de las baterías de la instalación y no al suministro electricidad. Por otro lado, la reducción de dos horas al final del día es causada por la debilidad de la radiación solar en esos instantes en los que transcurre la puesta de sol. Una vez más, se ha tenido en cuenta el peor escenario posible para así garantizar una mayor viabilidad.

<i>C. COMUNITARIO (Kw)</i>	<i>C. RESIDENCIAL (kW)</i>	
CONSUMO COMÚN	HORARIO FAVORABLE 8am-4pm	HORARIO DESFAVORABLE 4pm-8am
58,653	32,984	109,393

Tabla 11: Diferentes demandas al día en función del tipo y el horario en el que se consume

Tras atender a estas distinciones y analizar el resultado inicial de la demanda esperada, se observa como el consumo eléctrico residencial en horario con ausencia de radiación solar es tres veces superior al de los momentos con luz natural. Para tratar de paliar esta situación y buscar un modelo más sostenible tanto económica como medioambientalmente, en el estudio de los costes asociados al consumo se detallarán varias medidas que favorezcan la transición en los tiempos de consumo.

9.2 Estudio demanda esperada y curvas de consumo

Para poder determinar el coste asociado al kWh que se deberá establecer para que la comunidad autofinancie el servicio del suministro eléctrico es necesario realizar un análisis más preciso y acorde

a la realidad que simplemente tomar la curva de demanda esperada y dividir entre todos los futuros consumidores. Aunque se tomará como referencia fidedigna la curva de carga esperada, la realidad es que no todos usuarios consumirán de acuerdo a la media todo el tiempo. En cambio, es más que probable que existan diferentes curvas de consumos debido a la variedad de rutinas, necesidades e intereses que las personas tienen.

A su vez, debido a que la instalación produce electricidad por dos métodos distintos, la energía solar fotovoltaica y la generación de energía a partir de biomasa seca, los horarios en los que se consume dicho recurso eléctrico importan de cara al coste asociado que tiene cada kWh a consumir. Es decir, el coste que tiene producir un kWh a mediodía cuando la radiación solar es máxima y la electricidad se genera a partir de los paneles fotovoltaicos y el coste que el mismo kWh tiene cuando debe ser generado a partir de otros elementos de la instalación como el gasificador y el triturador o a partir de la energía acumulada en las baterías son diferentes debido a la distinta degradación que supone en los elementos que se emplean en cada caso y sus respectivos costes de reposición.

Por tanto, previo al análisis de los costes asociados al consumo, se ha procedido a realizar un estudio más realista de la curva de demanda individual de los usuarios. Se han distinguido diferentes modelos de consumo durante el año formando un conjunto doce curvas de carga distintas en las que se ha clasificado en subgrupos de cinco y seis personas, en función del caso dado que existen setenta curvas de consumo individuales diferentes, a los futuros consumidores. De entre los criterios para profundizar en la diferenciación de las características de los usuarios se han tenido en cuenta tres criterios: la estacionalidad, la forma de la curva de consumo y la cantidad de suministro eléctrico consumido. Se entiende que todas ellas en conjunto se corresponden con la curva de carga total esperada y, por consiguiente, cuando se aplica el sumatorio de los doce modelos de consumo el resultado obtenido es en todo momento equivalente a la demanda esperada en ese instante. En la siguiente figura se especifica cuál es esta demanda total esperada en cada hora del día y la demanda media que deberían efectuar cinco y seis consumidores si todos los usuarios consumiesen la misma cantidad de electricidad al día. Estos dos últimos son los corresponden a los parámetros tomados a la hora de clasificar a partir del tercero de los criterios.

HORAS	CONSUMO FINAL ESPERADO (kW)	CONSUMO MEDIO 6 USUARIOS (kW)	CONSUMO MEDIO 5 USUARIOS (kW)
0:00	0,275	0,0236	0,0196
1:00	0,275	0,0236	0,0196
2:00	0,275	0,0236	0,0196
3:00	6,345	0,5439	0,4532
4:00	11,133	0,9542	0,7952
5:00	11,635	0,9973	0,8311
6:00	9,510	0,8151	0,6793
7:00	4,259	0,3650	0,3042
8:00	2,938	0,2518	0,2098
9:00	1,135	0,0973	0,0811
10:00	5,255	0,4505	0,3754
11:00	6,275	0,5379	0,4482
12:00	6,705	0,5747	0,4789
13:00	6,305	0,5405	0,4504
14:00	2,185	0,1873	0,1561
15:00	2,185	0,1873	0,1561
16:00	2,075	0,1779	0,1482
17:00	8,078	0,6924	0,5770
18:00	16,235	1,3916	1,1596
19:00	15,810	1,3551	1,1293
20:00	13,910	1,1923	0,9936
21:00	6,078	0,5209	0,4341
22:00	2,826	0,2423	0,2019
23:00	0,676	0,0579	0,0483

Tabla 12: Consumo esperado por hora por parte de toda la comunidad y consumo medio de cinco y seis usuarios por hora

9.2.1 Criterio de estacionalidad

En primer lugar, la estacionalidad. Como se ha expuesto en la introducción del contexto meteorológico de Honduras, el país se caracteriza por experimentar durante el año dos períodos bien diferenciados: una época con mayores precipitaciones y otra época con menor incidencia lluviosa. Esta situación es relevante porque en función de las condiciones meteorológicas en la que la comunidad rural se encuentre, las personas en principio pasarán una mayor parte de su tiempo dentro o fuera de sus hogares. En ese sentido se entiende que, dadas las características culturales de Honduras y los demás países latinoamericanos, la población de El Santuario generalmente tenderá a socializar y disfrutar de su tiempo al aire libre siempre que sea posible y, por consiguiente, el consumo eléctrico residencial será superior en los meses lluviosos que en los meses no lluviosos.

9.2.2 Criterio de forma de la curva

En segundo lugar, la forma de la curva de consumo de los usuarios, es decir, las tendencias que estos tienen al consumir en función del momento del día. Pese a que la demanda esperada tiene sus picos al principio y al final del día, tipología que denominaremos “Curva con forma de dromedario”, además de esta, se ha procedido a distinguir una segunda modalidad en la manera de consumir la

electricidad. Este otro estilo de consumo se caracteriza por encontrar los picos de consumo a mediodía y los valles tanto al principio como al final del día siendo así teóricamente opuesta y complementaria a la anterior. Se referirá a esta otra curva como “Curva con forma de meseta”. Esta segunda distinción se verá incluida dentro de la primera. Por tanto, tanto en la época de lluvias como en la época sin precipitaciones se encontrará la dicotomía de las formas de las curvas de carga constituyendo así cuatro modelos distintos.

9.2.3 Criterio de cantidad de consumo

Asimismo, en tercer lugar, se ha empleado un último criterio que va a subdividir cada uno de los cuatro modelos ya creados en otros tres más. Dado que no todas las personas precisan, desean o pueden permitirse consumir la misma cantidad de electricidad, dentro de cada estilo de consumo se ha diferenciado tres tipos de consumidores diferentes: usuarios que consumirán más electricidad que la media, usuarios que consumirán menos electricidad que la media y, por último, usuarios que consumirán aproximadamente lo mismo que la media. El parámetro que en cada caso se ha empleado como equivalente a la media se ha obtenido dividiendo a cada hora del día la demanda total esperada de kW entre el número de usuarios que constituyen cada curva.

9.2.4 Curvas de consumo personalizadas

De esta manera, cada una de las doce curvas de consumo y la demanda esperada asociada a la misma son diferentes en todos los instantes del día. A continuación, se expondrán las gráficas de todas ellas y se comentarán los aspectos más significativos de las mismas.

- **Curva de consumo caso 1:** Este caso representa el consumo de seis usuarios y hace referencia a la época de lluvia donde la forma de la curva es del tipo dromedario y cuyo consumo medio es superior al consumo de la media. Destaca por disponer del pico de consumo más alto de todos los consumos esperados. Este se da a las seis de la tarde y es de 3,74 kW.

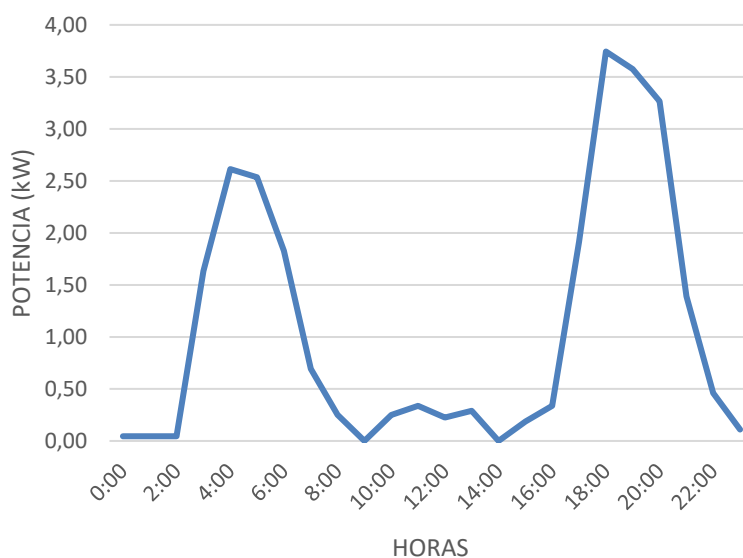


Figura 21: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Mayor

- **Curva de consumo 2:** Este caso representa el consumo de seis usuarios y hace referencia a la curva de consumo propia del período con menor incidencia de las lluvias donde la forma de la curva es acorde a la del tipo dromedario. A su vez, al igual que en el caso 1, el consumo medio vuelve a ser superior al de la media y en este caso el pico de potencia consumida esperada se da a las siete de la tarde con 3,61 kW.



Figura 22: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Mayor

- **Curva de consumo caso 3:** Volviendo a hacer referencia al consumo conjunto de seis consumidores, en esta ocasión la curva vuelve a representar la época sin lluvias. Además, la forma de la misma vuelve a ser el tipo dromedario. Sin embargo, en este caso el consumo total es idéntico al de la media. El instante de mayor consumo se da alrededor de las cinco de la mañana con 1,66 kW esperados.

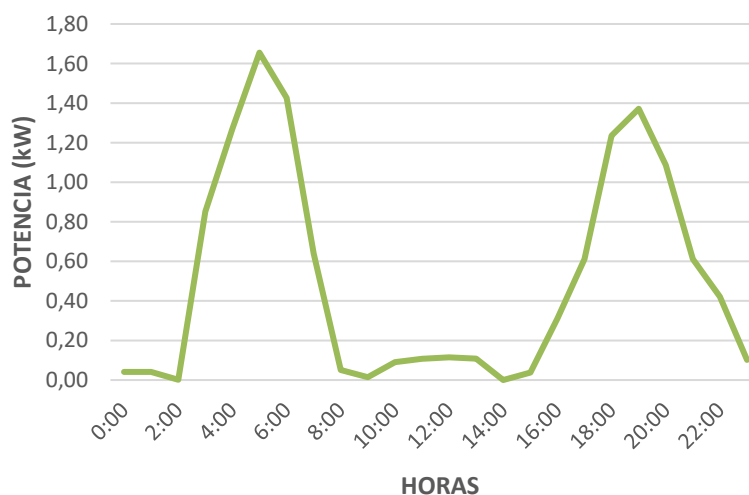


Figura 23: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Igual

- **Curva de consumos caso 4:** Mostrando la demanda esperada de seis familias, el caso 4 representa la curva en forma de meseta con un consumo promedio superior a la media esperada durante el período de escasez de lluvias. A diferencia de lo que ocurre en los casos

anteriores, esta vez el pico de demanda esperado se da en las horas centrales del día. Más concretamente a las once de la mañana con una potencia de 1,4 kW.

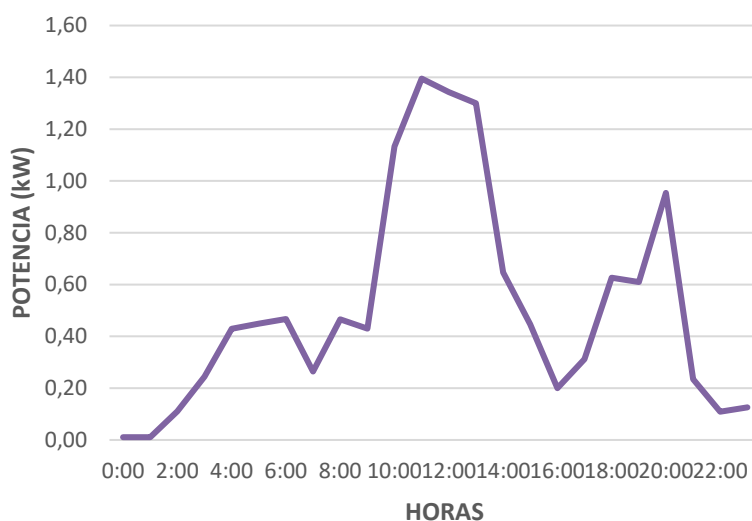


Figura 24: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Mayor

- **Curva de consumos caso 5:** La siguiente curva con tipología de curva en forma de dromedario representa el consumo de seis usuarios que demandan menos potencia que la media durante la época de lluvias. El máximo consumo se da a última hora de la tarde y alcanza el valor de 1,71 kW.

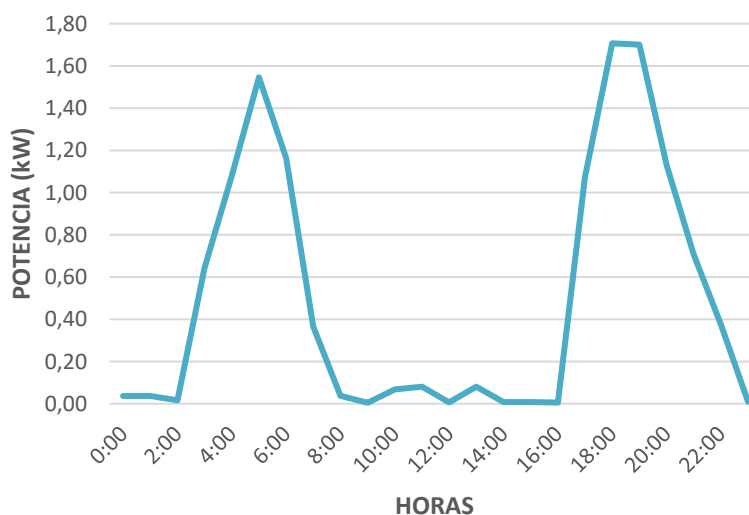


Figura 25: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Menor

- **Curva de consumo caso 6:** En este caso se analiza la misma situación que en el escenario anterior exceptuando que esta vez el período es el de menor incidencia de precipitaciones. Anecdóticamente, el pico máximo de consumo es superior al anterior con un valor de 1,9 kW y tiene lugar a las siete de la tarde.



Figura 26: Curva de consumo caso No Lluvia-Dromedario-Menor

- **Curva de consumo caso 7:** Representando el consumo esperado de seis consumidores que demandan una potencia al día inferior de la media durante la época de lluvia, esta curva con forma de meseta encuentra el momento de mayor consumo a las diez del mediodía con un pico de potencia de 0,65 kW.

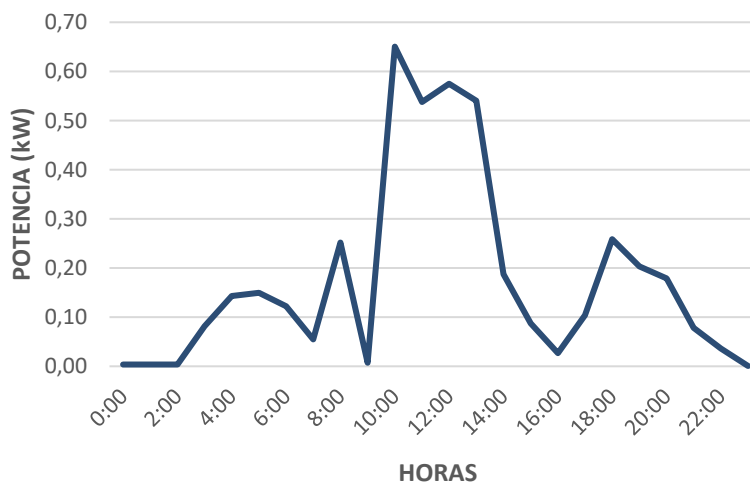


Figura 27: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Menor

- **Curva de consumo caso 8:** Representando el caso idéntico al anterior a excepción de que en este caso se refiere a la época con menor cantidad de precipitaciones, en este caso el pico máximo es de 1,14kW a las dos del mediodía.



Figura 28: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Menor

- **Curva de consumo caso 9:** Haciendo referencia en este caso al consumo esperado de cinco usuarios, el escenario nueve representa la demanda esperada en la época de lluvia de consumidores que requieren de una potencia en su día a día que es consumida en la distribución temporal típica de la tipología de curva de dromedario y cuya potencia demandada es igual al promedio. Una potencia máxima de 1,59 kW a las seis de la tarde representa el instante de consumo máximo.



Figura 29: Curva de consumo caso Lluvia-Dromedario-Igual

- **Curva de consumo caso 10:** Volviendo a hacer referencia a la curva de consumo conjunta de cinco usuarios, se representa la demanda en forma de meseta de dichos consumidores en la época con menos lluvias y que requieren de una potencia similar a la de la media. Dándose a las once de la mañana con un valor de 0,84 kW se puede apreciar el instante de máximo consumo.

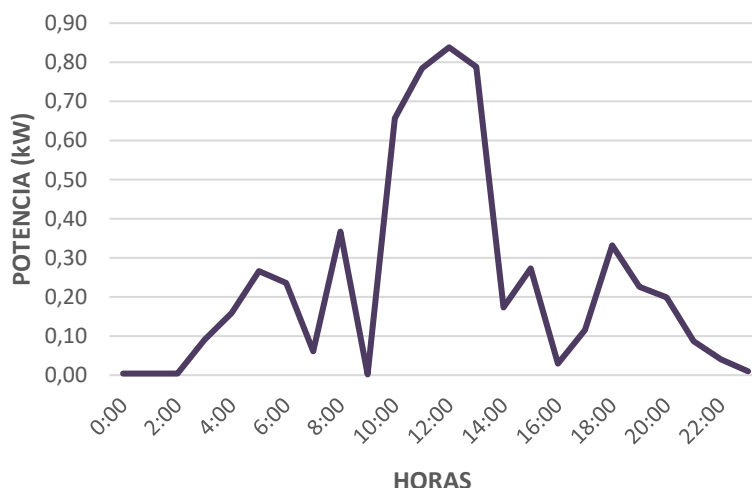


Figura 30: Curva de consumo caso No Lluvia-Meseta-Igual

- **Curva de consumo caso 11:** En el gráfico se ve la curva de la demanda esperada en forma de meseta de seis usuarios de la instalación. Muestra el escenario de la época de lluvias donde el consumo es aproximado al consumo diario promedio. Su pico de demanda máximo es ligeramente superior al kW y se da a las doce de la mañana con un valor preciso de 1,03 kW.

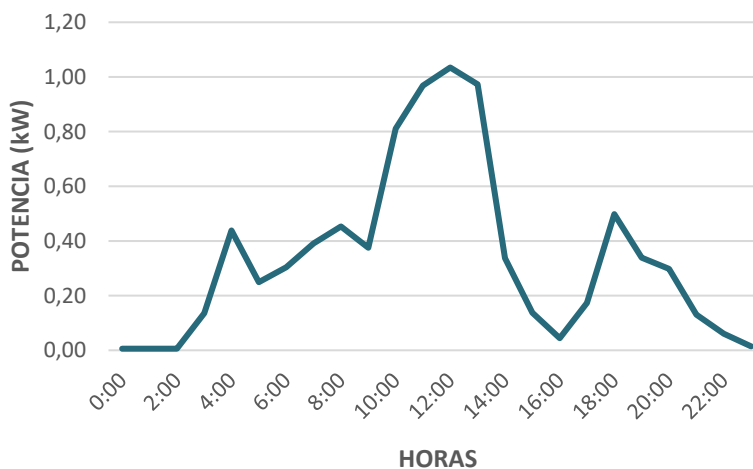


Figura 31: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Igual

- **Curva de consumo caso 12:** Para finalizar, se representa el consumo de seis usuarios que siguen una distribución típica de meseta en la época de mayores precipitaciones y que precisan de mayor potencia diaria que la media. Con 1,59 kW, el pico de consumo máximo se da a las doce del mediodía.

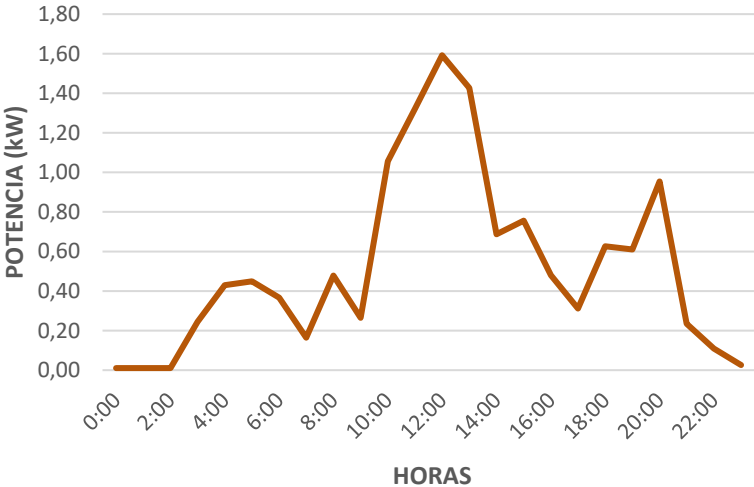


Figura 32: Curva de consumo caso Lluvia-Meseta-Mayor

A través de esta profundización en el análisis de los consumos se obtiene un modelo que se corresponde con la realidad de manera más aproximada. A razón de esto, las demandas esperadas deducidas de las doce curvas de consumo serán las utilizadas en el cálculo de los costes asociados al consumo que se deberán imponer de manera que se garantice el autofinanciamiento. Todos estos datos se muestran de manera resumida en la siguiente tabla.

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

HORAS	CURVAS CONSUMO ESPERADO											
	CASO 1 (kWh)	CASO 2 (kWh)	CASO 3 (kWh)	CASO 4 (kWh)	CASO 5 (kWh)	CASO 6 (kWh)	CASO 7 (kWh)	CASO 8 (kWh)	CASO 9 (kWh)	CASO 10 (kWh)	CASO 11 (kWh)	CASO 12 (kWh)
0:00	0,045	0,044	0,041	0,011	0,037	0,037	0,004	0,002	0,035	0,004	0,006	0,011
1:00	0,045	0,044	0,041	0,011	0,037	0,037	0,004	0,002	0,035	0,004	0,006	0,011
2:00	0,045	0,044	0,001	0,111	0,017	0,017	0,004	0,002	0,015	0,004	0,006	0,011
3:00	1,633	1,206	0,852	0,245	0,643	0,343	0,082	0,054	0,816	0,091	0,136	0,245
4:00	2,613	2,265	1,270	0,429	1,079	0,979	0,143	0,095	1,231	0,159	0,439	0,429
5:00	2,535	1,895	1,655	0,449	1,546	1,046	0,150	0,100	1,296	0,266	0,249	0,449
6:00	1,828	1,508	1,427	0,467	1,163	1,263	0,122	0,082	0,744	0,236	0,304	0,367
7:00	0,694	0,675	0,639	0,264	0,366	0,366	0,055	0,037	0,548	0,061	0,391	0,164
8:00	0,252	0,252	0,050	0,466	0,038	0,025	0,252	0,252	0,052	0,367	0,453	0,478
9:00	0,000	0,000	0,014	0,430	0,005	0,010	0,007	0,007	0,020	0,002	0,375	0,265
10:00	0,250	0,050	0,090	1,133	0,068	0,045	0,650	0,350	0,094	0,657	0,811	1,056
11:00	0,338	0,038	0,108	1,395	0,081	0,054	0,538	0,538	0,112	0,784	0,968	1,322
12:00	0,225	0,225	0,115	1,343	0,006	0,057	0,575	0,575	0,120	0,838	1,035	1,592
13:00	0,290	0,090	0,108	1,300	0,081	0,054	0,540	0,540	0,113	0,788	0,973	1,427
14:00	0,000	0,000	0,000	0,647	0,008	0,009	0,187	0,137	0,000	0,173	0,337	0,687
15:00	0,187	0,117	0,037	0,447	0,008	0,009	0,087	0,087	0,039	0,273	0,137	0,756
16:00	0,338	0,329	0,311	0,200	0,006	0,026	0,027	0,018	0,267	0,030	0,044	0,480
17:00	1,915	1,281	0,612	0,312	1,073	1,073	0,104	0,069	1,039	0,115	0,173	0,312
18:00	3,744	3,574	1,235	0,626	1,707	1,857	0,259	0,189	1,587	0,332	0,498	0,626
19:00	3,575	3,607	1,372	0,610	1,700	1,900	0,203	0,136	1,533	0,226	0,339	0,610
20:00	3,265	3,006	1,087	0,954	1,131	1,431	0,179	0,119	1,288	0,199	0,298	0,954
21:00	1,390	0,964	0,612	0,234	0,707	0,807	0,078	0,052	0,781	0,087	0,130	0,234
22:00	0,460	0,451	0,421	0,109	0,375	0,375	0,036	0,024	0,363	0,040	0,061	0,109
23:00	0,110	0,107	0,101	0,126	0,010	0,090	0,001	0,006	0,075	0,010	0,014	0,026

Tabla 13: Curvas consumo esperado de los doce tipos de usuarios

10. COSTES DE CONSUMO

10.1 Aclaraciones

Antes de comenzar con el estudio de los costes de consumo cabe realizar una aclaración. Como se ha expuesto, se ha diferenciado entre dos tipos de consumo diferentes: el residencial y el comunitario. A la hora de definir los costes asociados al consumo se debía decidir no solo en el precio del kWh de la demanda residencial de cada usuario, sino que también había que definir cómo se iba a cobrar el consumo comunitario. En este caso, se ha decidido que el consumo comunitario se reparta de manera igualitaria entre todos los consumidores. Si bien es cierto que algunos de los fines de este consumo son servicios comunitarios que algunos de los ciudadanos de la comunidad rural no van a utilizar como es el caso de la iluminación de las aulas del colegio si la familia no disfruta de descendencia en edad escolar, se ha interpretado que, dados los usos a los que se dedican los elementos que funcionan gracias al consumo comunitario como la iluminación exterior, los ordenadores, los ventiladores, la iluminación de la iglesia o la ya mencionada iluminación de la escuela, todos los miembros de la comunidad van a verse beneficiados por alguno de estos recursos. De esta manera, algunas personas recibirán el servicio por el que están contribuyendo de un modo mientras que otra parte de la comunidad se beneficiará de otra forma. Asimismo, se ha considerado que dado que gran parte del suministro eléctrico va dedicado a actividades que benefician el crecimiento de la comunidad ya sea en lo referido al conocimiento en el caso de la formación académica o en lo referido a la espiritualidad y el crecimiento personal si hablamos de la iglesia, que todos los ciudadanos participen en el mantenimiento de estos recursos ayuda al bienestar presente y futuro de El Santuario.

A la hora de definir los costes de la factura del suministro eléctrico y dada la condición de autofinanciación de la instalación por parte de la comunidad se planteaban varias incógnitas a la hora de plantear el modelo de cobro más justo posible. ¿Qué precio se debería imponer al kWh dados los recursos económicos de la comunidad y la necesidad de autofinanciación? ¿Qué ocurre si algún individuo no es capaz de hacer frente a la factura? ¿Deben pagar todos los usuarios el mismo precio independientemente de los recursos de los que dispongan? Estas preguntas necesitadas de una respuesta son fundamentales que persigan el objetivo de evitar las dos variables de la pobreza energética: no tener acceso a la electricidad y no tener dinero para hacer frente a las facturas de la luz u otras necesidades por tener que elegir a qué servicio básico hacer frente por la escasez económica.

10.2 Formas de pago disponibles

En primer lugar, se deben tener en cuenta todas las formas de pago de las que disponen los miembros de la comunidad. Los usuarios cuentan con la posibilidad de hacer frente a las facturas a través de tres métodos distintos: dinero, materias primas requeridas en la instalación y mano de obra. La materia prima que en este caso va a aceptarse como forma de pago es la madera que se precisa como biomasa seca para el funcionamiento del gasificador. Por otro lado, la mano de obra que los consumidores pueden ofrecer se utilizará principalmente en la manipulación del proceso de preparación de la biomasa: guardando la madera, ayudando en los procesos de preparación de la misma, etc. Estas tres formas de pago ofrecen un mayor abanico de posibilidades a las familias a la

hora de hacer frente a los cobros por el suministro de luz. Pero, sobre todo, permiten que usuarios con menores ingresos económicos a través de servicios o aportaciones de recursos en forma de materia prima puedan disfrutar de un mayor consumo de electricidad. De esta manera se consigue paliar parcialmente algunas de las desigualdades que se plausible que ocurran en el usufructo del nuevo servicio que ofrece la comunidad.

10.2.1 Problemáticas derivadas de las formas de pago

Sin embargo, el hecho de que los consumidores dispongan de métodos de pago diferentes al dinero genera por otro lado inconvenientes. Dado que la situación económica en las zonas rurales no destaca por la abundancia económica de sus habitantes, es posible que se den situaciones en las que los usuarios prefieran hacer frente a las facturas únicamente a través de la materia prima o la mano de obra. Si esta situación se extiende en el tiempo por parte de un sector de los consumidores se llegaría a un contexto en el que se tendría un excedente de materia prima y de mano de obra y una carencia de dinero aportado. Esta narrativa generaría dos problemas. Por un lado, la facilidad con la que las personas podrían hacer frente a las facturas ofreciendo su ayuda en diferentes tareas sin coste económico alguno en los ratos libres de los que disponen fomentaría el consumo irresponsable del suministro eléctrico. Como consecuencia, la curva de consumos aumentaría considerablemente. Si bien esta situación no parece del todo negativa e incluso podría parecer un desenlace lógico asociado al paso del tiempo y el crecimiento socioeconómico de la comunidad, si sucede coetáneamente con el segundo inconveniente que a continuación se va a explicar, sí supone un problema grave a medio y largo plazo. Este segundo contratiempo radica en la escasez de aporte económico por parte de los consumidores. Si durante un periodo de tiempo continuado la comunidad no ingresa suficiente dinero, la viabilidad de la autofinanciación de la instalación, y por ende del proyecto, se vería en grave peligro. Este riesgo de por si existente sumado al incremento del consumo eléctrico de la comunidad llevaría a la quiebra de las cuentas de la comunidad y supondría el fin del recurso eléctrico.

10.2.2 Pago con dinero

Para evitar estas situaciones, se ha desarrollado un plan en los métodos de pago. Con él se pretenden evitar estos inconvenientes a la par que garantizar un disfrute de la electricidad justo por parte de la comunidad. Es decir, se pretende que el nivel económico de la persona que hace uso del suministro eléctrico influya lo menos posible en la viabilidad de la misma a utilizarlo.

Este plan se pasa en una partición de la factura eléctrica. La idea detrás de esta medida es fraccionar la deuda que se tiene con la comunidad de manera que, garantizando los ingresos suficientes como para que la viabilidad del proyecto no corra peligro, las personas dispongan de un margen amplio en el que decidir cómo quieren pagar dicha factura en función de sus recursos, preferencias, etc. Para ello, se ha procedido a dividir la factura del suministro eléctrico en tres tramos.

10.2.2.1 Primer tramo

En el primero de ellos, será obligatorio que el usuario en cuestión abone la cantidad económica pertinente a la comunidad. La parte de la factura que se deberá pagar incuestionablemente con dinero corresponderá a una cantidad de kWh consumidos fija. Con este tramo se pretende recaudar el dinero correspondiente a los costes fijos requeridos para garantizar la financiación del proyecto

año a año. Se ha establecido de esta manera porque los costes fijos, es decir, los costes asociados al mantenimiento y a la amortización y reposición, son los mínimos a los que se debe hacer frente para que la instalación perdure en el tiempo.

11.2.2.2 Segundo tramo

En el segundo de los tramos, es de método de pago libre a elección del consumidor. En esta parte del recibo del suministro eléctrico cada usuario decidirá de qué manera quiere hacer frente a la deuda con la comunidad. Así se asegura que, una vez garantizada la autofinanciación de la instalación, las personas puedan escoger formas de pago de acuerdo a los recursos de los que disponen y de esta manera la escasez de fondos económicos no suponga una limitación intrínseca.

10.2.2.3 Tercer tramo

Por último, en el tercer tramo se volverá a exigir el pago con dinero. No obstante, en este caso se establecerá de esta manera como una forma de sanción indirecta al consumidor. Se ha decidido de esta manera ya que este tercer tramo se impondrá a partir del instante en el que el consumidor sobrepase el consumo medio esperado por cada individuo. Con la intención de fomentar un consumo responsable, con este último tramo se potenciará un consumo sostenible ya que el precio del kWh será superior al del primero. De esta forma, si una persona decide consumir una cantidad muy superior a la de los demás usuarios, dado que está sometiendo a la instalación a un funcionamiento para el cual no se ha diseñado, y por tanto está incrementando el desgaste de la instalación, la comunidad en su conjunto asegurará un dinero extra previniendo así que posibles reposiciones prematuras debidas al desgaste sucedan. Con esta medida se pretende penalizar a aquellos consumidores que excedan los consumos esperados para los que ha sido diseñada la instalación.

Para finalizar el plan expuesto se desarrollará una situación que puede plantearse derivada del mismo. Consiste en el hipotético contexto en el que muchos usuarios durante el segundo tramo en el que la forma de pago es opcional escogiesen la misma. En este momento es muy plausible que la comunidad se encontrase ante un excedente de un método de pago en concreto. Dado que, aunque con la materia prima de la madera es posible regular las cantidades máximas a aportar y también almacenar excedentes para futuros períodos, esto no es posible en el caso de la mano de obra. En este último caso, la comunidad se enfrentaría ante la necesidad de encontrar un criterio para regir y decidir a qué persona se le permite este método de pago y a qué persona no. Debido al hecho de que en busca de equidad, sea la misma persona siempre escogida entre los candidatos por sus condiciones socioeconómicas, puede derivar con el tiempo en una situación injusta para las demás al verse limitadas continuamente ante esta opción en la forma de pago y se ha considerado que sería recomendable que la comunidad aceptase e incluso fomentase un calendario rotativo en el que la alternancia cíclica fuese la norma que rigiese quién, de entre los candidatos a pagar de ese modo, puede hacerlo en cada caso junto con la posibilidad de que los propios individuos puedan intercambiar tareas comunitarias ajenas a la instalación, si así lo desean, para hacer frente a las deudas.

Siguiendo el modelo de factura fraccionada recién explicado, se ha calculado el precio al que debería pagar la comunidad el kWh. Asimismo, para decidir qué precio sería el más conveniente, se han tenido en cuenta algunas referencias como es el precio medio del kWh en el mundo que ronda los

0,18 dólares. Si se presta atención a las tarifas actuales hondureñas, este valor es todavía más bajo pues en el país el precio de los primeros 50 kWh al mes es de 4,01 lempiras mientras que los siguientes consumidos son a cobrados a 5,22 lempiras. Si se pasan estas cifras en lempiras a dólares se observa que no llega a 0,1 dólares el kWh. Asimismo, es relevante comentar que, a la hora de plantear el proyecto con la comunidad rural de El Santuario, se acordó que dentro de lo posible la factura del suministro eléctrico se encontrase aproximadamente en el intervalo entre 130 y 170 lempiras mensuales como máximo.

Las tarifas que se han establecido son diferentes en los tres tramos del recibo. Sin embargo, en todos ellos hay un elemento común: el suministro eléctrico será más asequible económicamente durante el horario favorable establecido anteriormente. Con esto se pretende fomentar, dentro de lo posible, el consumo de electricidad durante las horas de sol y así alargar la vida de elementos de la instalación como las baterías, el gasificador o el triturador.

Con el primero de los tramos que es de obligado pago con dinero, se pretende hacer frente a los costes fijos de la instalación. Este tramo englobará hasta la mitad del consumo medio esperado por cada usuario. Es decir, se aplicará la primera tarifa desde el comienzo del consumo hasta que se alcance la mitad de la cantidad de kWh que de media total se espera que consuman los consumidores. La tarifa establecida en el horario favorable es de 1,3 lempiras el kWh, es decir, una reducción respecto a la tarifa oficial del 67,57%. Para el consumo durante el resto del día, la tarifa asociada al kWh será de 2,5 lempiras. Teniendo en cuenta que la cantidad de lempiras que se debe recaudar para subsanar los gastos de dichos costes es de 67248,53 lempiras al año, se deduce la aportación económica de cada usuario debe ser de 80,06 lempiras. Teniendo en cuenta a partir de las doce curvas de consumo que la comunidad rural de El Santuario consumirá 74,24 kWh al día durante el período favorable y 126,79 kWh en el período desfavorable que, junto con las tarifas establecidas en este primer tramo, supondrá una cuota promedio de 20,68 lempiras por el consumo en las horas de sol y de 67,92 lempiras por el consumo de las horas sin sol al mes. En total, los usuarios deberán abonar mensualmente la cantidad de 88,60 lempiras y de esta manera, se cubren los costes fijos.

Como puede observarse, la cantidad media recaudada mensualmente excede ligeramente la cantidad que se requeriría obligatoriamente en caso de querer cubrir los 67248,53 lempiras al año. Este excedente mínimo supondrá que al año la comunidad recaude 7179,29 lempiras extras para empezar a cubrir los costes de mantenimiento. Estos costes ascienden a la cifra de 18881,17 lempiras. La diferencia que queda por subsanar se verá saldada gracias al segundo tramo de la tarifa. En este tramo, los individuos pueden escoger si pagar con dinero o con materia prima o mano de obra. Dado que no todo el mundo puede evitar pagar con dinero como se ha explicado anteriormente, se ha estimado que los consumidores tendrán que hacer frente a la situación de pagar este segundo tramo con dinero cuatro veces al año aproximadamente. Con el fin de evitar que esto suponga un incentivo a la hora de crear o perpetuar situaciones de pobreza energética o de cualquier otro tipo, se ha decidido que la tarifa monetaria de este segundo tramo sea sustancialmente inferior a la del primer tramo. Más concretamente, el precio del kWh en ambos horarios se reducirá al 50%. Así pues, el precio del kWh será de 0,65 y 1,25 lempiras respectivamente. Teniendo en cuenta que este segundo tramo se aplica únicamente cuatro veces al

año y que solo afecta al consumo que engloba desde la mitad del consumo promedio esperado hasta dicho consumo promedio como máximo y que hay consumidores que no alcanzarán este máximo, la recaudación anual esperada gracias a este segundo tramo es de 12404,64 lempiras. Dado que la diferencia entre el excedente del primer tramo y los costes de mantenimiento a los que todavía había que hacer frente era de 11701,88 lempiras, con este segundo tramo se podrían cubrir los costes completos de la instalación y que la comunidad rural autofinanciase la instalación.

En el caso de que algún usuario supere estos dos primeros tramos entraría automáticamente en el tercero donde, aparte de ser exigido el pago con dinero, las tarifas son superiores a las anteriores. En este caso las tarifas serán de 2 lempiras por kWh en el horario favorable y de 3,5 lempiras en el horario desfavorable. De acuerdo con las doce curvas de consumo, la recaudación estimada podría encontrarse alrededor de 4375,98 lempiras.

10.2.3 Pago con materia prima

Una vez definida la forma de pago con lempiras, se debe esclarecer cuál es la retribución que se dará a los usuarios que decidan pagar con mano de obra o con materia prima. Dado que la materia prima es la madera que se utiliza en el gasificador, previo paso por el triturador, y se pretende evitar una incitación a la explotación de este recurso por sus negativas consecuencias como la deforestación en el ecosistema. Las familias de El Santuario consumen, previamente al proyecto y por necesidad, entre quince y treinta y cinco kg de leña al día de media. Esto implica que para los usuarios de la instalación aportar este recurso no supondría ningún esfuerzo más allá del realizado cotidianamente durante toda su vida. Por ello, si se incita con un precio muy atractivo al suministro de leña podría atentarse seriamente contra la flora de la zona. El gasificador se pretende que trabaje entre tres y cuatro horas al día y es capaz de transformar 30 kg de leña por hora. Esto significa que, sin contar con la leña destinada a consumo propio por parte de las familias, se utilizarán 43800 kg de leña al año. Como consecuencia del fuerte impacto que un sobredimensionamiento debido al exceso de recolecta podría conllevar en el entorno y teniendo en cuenta que el gasificador produce aproximadamente 1 kWh por cada kg de madera, se ha decidido que por kg aportado se deduzca de la factura medio kWh. Se elige este precio porque al encontrarnos en el segundo tramo de la factura donde los precios del kWh son 0,65 y 1,25 lempiras si no se quiere incentivar la tala de árboles el beneficio obtenido por pagar de esta manera debe ser menor.

10.2.4 Pago con mano de obra

Por otro lado, la mano de obra que puede aportar el consumidor para saldar el segundo tramo de su factura está relacionada con el tratamiento de la leña. Mientras que en el caso del suministro de la misma el pago que se realiza al contribuyente está asociado al kg de leña, en el caso del tratamiento de esta el pago estará relacionado con las horas trabajadas. Las tareas a las que se podrá dedicar este tiempo remunerado consistirán tanto en la manipulación y adecuación de la madera para su posterior uso en el gasificador como en las actividades de almacenamiento de la misma. El tratamiento de la leña consiste básicamente en introducir y retirar la leña de la trituradora, pero se necesita de más de una persona para llevar a cabo la tarea dada la gran cantidad de madera que se transforma en un breve espacio de tiempo. La trituradora es capaz de convertir una tonelada de leña

por hora y se pretende que trabaje cuatro horas cada vez que se ponga en marcha. Por cada hora trabajada, se descontarán 8 lempiras al recibo del suministro eléctrico.

10.3 Costes de consumo estructurados por tramos y formas de pago

Sintetizando todo lo expuesto en este punto de costes de consumo, si los consumidores realizan un consumo equivalente a la demanda esperada, la tarifa por tanto a la que deberían hacer frente ascendería a 88,60 lempiras en los meses en los que únicamente paguen con dinero este primer tramo, y a 132,91 lempiras como máximo en los meses en los que pagaran tanto el primero como el segundo tramo completos. Con estas tarifas se estaría garantizando la viabilidad del proyecto y se mantendría la condición de no superar los 170 lempiras de factura al mes. Si se compara la cantidad de dinero en efectivo que debería hacer frente la comunidad rural de El Santuario en este caso con la cantidad hipotética de acuerdo con las tarifas establecidas a nivel nacional, encontramos una diferencia de lempiras muy grande. A diferencia de las 88,60-132,91 lempiras en el caso de este proyecto, deberían hacer frente a 389,23 lempiras de media. Con esta diferencia de precio de más de doscientos lempiras se consigue que el acceso al suministro eléctrico sea una realidad asequible por parte de las familias de la comunidad. A este desembolso se deberá añadir el trabajo o la mano de obra que los usuarios podrán aportar a la comunidad como forma de pago de su consumo. Pero en ningún momento ascenderá la cantidad de dinero a depositar y, por ende, en ningún momento se correrá el riesgo de que algún usuario pueda, dentro de las condiciones esperadas, verse excluido de la posibilidad de consumir electricidad por motivos económicos. Tampoco correrá riesgo de colapso por carencia de financiación la instalación. A continuación, se adjunta una tabla a modo de resumen de los precios por tramos y horarios del suministro eléctrico.

Métodos de pago	Primer tramo		Segundo tramo		Tercer tramo	
	Horario Fav.	Horario Desfav.	Horario Fav.	Horario Desfav.	Horario Fav.	Horario Desfav.
Dinero (lempiras/kWh)	1,3	2,5	0,65	1,25	2	3,5
Materia Prima (kWh/kg)	-	-	0,5	0,5	-	-
Mano de Obra (kWh/h trabajada)	-	-	8	8	-	-

Tabla 14: Resumen del precio de los costes de consumo por tramos y horarios.

11. SITUACIONES HIPÓTETICAS FUTURAS

Una vez analizado el contexto actual de la instalación y la demanda de los usuarios es conveniente estudiar los escenarios futuros que podrían tener lugar debidos a cambios en el consumo de los usuarios y cómo afectaría al desarrollo del proyecto. Las variaciones que condicionarían los hipotéticos futuribles son consecuencia de la situación socioeconómica de los usuarios con respecto al suministro eléctrico. Las derivaciones de dicha situación convergen en la siguiente dicotomía: la persona puede pagar la cantidad de energía que está consumiendo o no puede pagarla. En caso de poder costear la electricidad, y dejando de lado un contexto en el que el usuario lo hace de manera holgada, es posible que exista una situación en la que, si bien a corto plazo la persona puede hacer frente a los costes generados a corto plazo, no pueda hacerlo en el medio y/o largo plazo. Ese caso tiene las mismas consecuencias que la situación donde la persona no puede pagar la factura y lo lógico es pensar que el consumidor en cuestión decidiese, o bien reducir el consumo total que realiza, o bien consumir la misma cantidad, pero en un horario distinto donde las tarifas sean más económicas. También es posible que se den ambas variaciones al mismo tiempo.

A razón de esto, las variaciones que se van a desarrollar y estudiar son: modificaciones en los horarios en los que se consume electricidad o cambios en la cantidad total de energía demandada.

11.1 Variaciones en horario de la demanda

Si se centra el estudio en el primero de los casos, cuando las variaciones en la demanda son debidas a una modificación de los horarios en los que se consume la electricidad, pueden tener lugar dos escenarios diferentes. El primero de ellos se caracteriza por una disminución del consumo en el horario favorable y un aumento del consumo en el horario desfavorable. El segundo de ellos se caracteriza por la trasfusión opuesta en los momentos de consumo. Es más plausible, e incluso conveniente para la instalación, que tenga lugar el segundo caso donde se aumenta la demanda en el horario favorable ya que las tarifas del suministro eléctrico se han establecido con este fin. Sin embargo, en ambos casos el nuevo contexto de la instalación y su consumo asociado no genera ningún riesgo en la viabilidad del proyecto. Por un lado, encontramos una nueva situación donde la degradación de la instalación se acelera debido al mayor desgaste que sufren los elementos de la misma. No obstante, este hecho va asociado a un aumento de la recaudación de dinero por parte de la comunidad debido al encarecimiento de las nuevas tarifas que los usuarios tendrán que hacer frente. Por otro lado, el segundo escenario sería el contrario. Una situación donde los ingresos de la comunidad se reducen a la par que lo hacen los costes de amortización de las diferentes partes de la instalación.

Como se aprecia, en ambos casos las variaciones en los costes a los que debe hacer frente la instalación son perfectamente subsanados con subidas o bajadas equivalentes en la recaudación. De esta manera son los propios consumidores, sin poner en riesgo a largo plazo el suministro eléctrico, los que regulan la exigencia aplicada a la instalación a través de los recursos económicos de los que disponen y no al revés.

11.2 Variaciones en la demanda total

Si centramos esta vez el análisis en el segundo de los casos, es decir, cuando el consumo total de los usuarios fluctúa. Ante esta posibilidad, la demanda total es posible que aumente o que disminuya.

Ante este paradigma, vuelve a suceder lo mismo que en el estudio anterior: la instalación y el proyecto no corren peligro. La variación del consumo va asociada a un cambio en la tarifa que paliaría las hipotéticas incidencias en la instalación. Únicamente se correría un riesgo real en el momento en el que estos cambios fuesen extremadamente significativos. Tanto si de repente la comunidad dejase de consumir casi en su totalidad o si comenzase a demandar cantidades ingentes de recurso eléctrico, la viabilidad podría verse afectada. En el primer caso, el riesgo vendría por parte de la escasez extrema de ingresos que, aunque es cierto que van asociados a una disminución considerable del desgaste de la instalación, esta seguiría estando expuesta a riesgos de roturas o averías por causas como las meteorológicas pero esta vez sin fondos para solucionarlas. En el segundo de los casos, ocurriría algo parecido. Aunque los ingresos mensuales se dispararían, es plausible que se diese un contexto en el que la instalación se estropease por la excesiva carga de trabajo sobre ella antes de que la comunidad dispusiese de los recursos económicos suficientes como para sufragar los costes de reparación. Para evitar estas situaciones tan polarizadas, se cree que comunicar las consecuencias de estas prácticas a los usuarios será suficiente como para concienciar a los consumidores de los riesgos de las mismas y eludirlas.

12. CONCLUSIONES

Tras todo el análisis del estudio expuesto anteriormente, se han obtenido algunas conclusiones que se procederán a resumir a continuación.

La instalación requerirá de 1790,75 horas al año a dedicar al mantenimiento. Asimismo, supondrá un coste anual de 86129,70 lempiras. Se trata de una instalación autofinanciada mediante el modelo de prosumidores. Las tarifas del suministro eléctrico han sido asignadas tras un estudio de la demanda esperada en el que se han personalizado doce tipos de consumidor atendiendo a tres criterios: la estacionalidad, la distribución de la demanda a lo largo del día y la cantidad de electricidad consumida. Se ha establecido una división en tres tramos de la factura del suministro eléctrico. En el primero de ellos se exige al usuario que abone el importe en metálico, en el segundo tramo la forma de pago puede escogerse entre dinero, materia prima o mano de obra. Por último, en el tercer tramo vuelve a aceptarse únicamente dinero. La tarifa en metálico varía en función de los tramos y del horario en el que se consume la electricidad para favorecer el consumo diurno, pues la instalación funciona principalmente a gracias a la radiación solar. En el primero de los tramos la tarifa por kWh es de 1,3 lempiras y 2,5 lempiras, en el segundo tramo de 0,65 lempiras y 1,25 lempiras, y en el tercer tramo 2 lempiras y 3,5 lempiras. Por otro lado, la materia prima se pagará a medio kWh deducido de la factura por cada kg de madera. La mano de obra producirá un descuento en la factura de 8 lempiras por cada hora trabajada. Por tanto, si los consumidores realizan un consumo equivalente a la demanda esperada, la tarifa a la que deberían hacer frente ascendería de media a 88,60 lempiras en los meses en los que únicamente paguen con dinero este primer tramo, y a 132,91 lempiras como máximo en los meses en los que pagaran tanto el primero como el segundo tramo completos.

Posteriormente se han analizado los posibles futuribles atendiendo a las variaciones que pueden darse en la demanda. Las causas de estas modificaciones que se han tenido son los cambios en los horarios de consumo y los cambios en la demanda total de suministro eléctrico. Todos ellos complementados con soluciones a los inconvenientes que pudiesen generarse.

Asimismo, se extraen conclusiones indirectas del proyecto. En primer lugar, no cabe duda de la importancia que la electrificación tiene en la capacidad de resiliencia de las poblaciones dotándolas de recursos insustituibles. El acceso continuado al suministro eléctrico permite que los individuos beneficiarios del mismo puedan mejorar y desarrollar habilidades, acciones y situaciones que conciernen desde el ámbito espiritual de la persona hasta el intelectual y el laboral; especialmente en las comunidades más vulnerables por agentes externos como los meteorológicos.

En segundo lugar, no solo se comprueba el impacto que el cambio climático tiene en comunidades concretas de Latinoamérica y la necesidad de paliar las causas del mismo, sino que se demuestra como el abastecimiento de recursos energéticos a poblaciones pequeñas es posible y beneficioso tanto para ellas como para el entorno de las mismas.

En tercer lugar, se ratifica la importancia que el consumo responsable de los recursos energéticos por parte de los usuarios. Esta situación afecta a cualquier contexto, pero es especialmente significativa en el caso de este proyecto donde los usuarios no solo son consumidores sino también productores de los recursos de los que se abastecen. De los miembros de la comunidad de El Santuario y la

organización que establezcan depende el futuro a medio y largo plazo en cuánto a viabilidad del proyecto se refiere.

En cuarto lugar, se deduce a partir del anterior como los hábitos de consumo en un planeta donde los recursos son finitos son relevantes. De las prácticas que los individuos llevan a cabo se condiciona el futuro de todos ellos.

13. BIBLIOGRAFÍA

- (2020). Obtenido de <https://www.consumosolar.es/tienda/Hoppecke-Power-VL-2-1610-12V-2232Ah-C100-p139909183>
- All Power Labs.* (2019). Obtenido de http://www.allpowerlabs.com/wp-content/uploads/2019/10/PP30_Operation_Manual_FILE-004209.pdf
- Asecorp.* (2020). Obtenido de <https://www.asecorp-online.com/pagina.php?idP=22>
- AutoSolar.* (2020). Obtenido de <https://autosolar.es/estructuras-suelo/estructura-suelo-14-panel-fv925-cred>
- AutoSolar.* (2020). Obtenido de <https://autosolar.es/estructuras-cubierta-teja/estructura-cubierta-tejas-2-ud-kht915>
- BBC.* (2018). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-45453102>
- BM.* (2020). Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/eg.elc.accs.zs>
- BM.* (2018). Obtenido de <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.RUR.TOTL.ZS?end=2018&locations=HN&start=1960&view=chart>
- Boardman, R. (1991). *Fuel poverty: from cold homes to affordable warmth*. London: Belhaven Press.
- Cambio Energético.* (2020). Obtenido de <https://www.cambioenergetico.com/blog/mantenimiento-kit-solares-e-instalaciones-energia-solar-fotovoltaica/>
- Cañete, Á. H. (Julio de 2019). *ANALYSIS OF ENERGY DEMAND ASSESSMENT METHODOLOGIES FOR THE DESIGN OF A HYBRID RENEWABLE MINI-GRID IN A RURAL ISOLATED COMMUNITY IN HONDURAS*. Obtenido de UPV.
- Castell, A. P. (2019). *PROYECTO DE MINI RED HÍBRIDA DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA EL DESARROLLO RURAL DE CARBONO CASI CERO. APLICACIÓN UNA COMUNIDAD AISLADA EN HONDURAS*. Obtenido de UPV.
- CEPAL.* (2019). Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43983/1/S1800542_es.pdf
- CmPower.* (2020). Obtenido de <https://callmepower.com/es/informacion-util/contador-electrico>
- Congress, W. R. (2011). Obtenido de http://www.ep.liu.se/ecp/057/vol1/040/ecp57vol1_040.pdf
- Conozca cuánto va a pagar en su tarifa eléctrica. (2020). *El Heraldó*.
- Consumo Solar.* (2020). Obtenido de <https://www.consumosolar.es/tienda/Hoppecke-Power-VL-2-1610-12V-2232Ah-C100-p139909183>
- EIA Gov.* (2014). Obtenido de <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=18471>

- El Heraldo.* (2017). Obtenido de <https://www.elheraldo.hn/pais/1054866-466/honduras-no-est%C3%A1-exenta-de-los-efectos-de-el-ni%C3%B1o-costero>
- ENEE.* (2020). Obtenido de <http://www.enee.hn/index.php/empresa/86-historia>
- ENEE.* (2020). Obtenido de http://www.enee.hn/Portal_transparencia/Regulacion/Leyes/Leyes/LeyMarcodelSubsectorele9ctrico.pdf
- ENFSolar.* (2020). Obtenido de <https://es.ensolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/41600>
- EPHPM.* (2017). Obtenido de <http://170.238.108.227/binhnd/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=EPH2017&lang=ESP>
- EPHPM.* (2017). Obtenido de <file:///C:/Users/BIB/Downloads/Res%C3%BAmen%20Ejecutivo%202017.pdf>
- Espacio Honduras.* (2020). Obtenido de <https://www.espaciohonduras.net/division-politica/departamento-de-choluteca>
- FAO.* (2020). Obtenido de <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1024540/>
- FAO.* (2017). Obtenido de <http://www.fao.org/3/ac768s/AC768S02.htm#TopOfPage>
- Google Maps.* (2020). Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Honduras/@15.0487902,-83.664197,5.13z/data=!4m5!3m4!1s0x8f6a751a73b731cf:0x7ed1de82b6fb8264!8m2!3d15.199999!4d-86.241905>
- INE.* (2020). Obtenido de <https://www.ine.gob.hn/V3/>
- La prensa.* (2019). Obtenido de <https://www.laprensa.hn/honduras/1247576-410/ingreso-per-capita-area-rural-es-1687-lempiras>
- MDPI.* (2020). Obtenido de <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/12/503/htm>
- Mono Solar.* (2020). Obtenido de <https://www.monsolar.com/baterias-estacionarias-hoppecke-power-vl-24-215.html>
- OECD.* (2020). Obtenido de <https://data.oecd.org/lprdty/gdp-per-hour-worked.htm>
- OECD.* (2020). Obtenido de https://www.oecd-ilibrary.org/employment/data/oecd-productivity-statistics/gdp-per-capita-and-productivity-levels_data-00686-en
- OETEC.* (2017). Obtenido de <http://www.oetec.org/nota.php?id=%202500&area=%201>
- ONU.* (2016). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- ONU.* (2016). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Our World in Data.* (s.f.). Obtenido de <https://ourworldindata.org/grapher/labor-productivity-per-hour-pennworldtable?time=2000..2017&country=ESP~USA~FRA~DEU~PER~CHL~ARG~CRI~COL~MEX~ECU~BEL>

Our World in Data. (2018). Obtenido de <https://ourworldindata.org/energy#all-charts-preview>

Our World in Data. (2018). Obtenido de países <https://ourworldindata.org/energy#all-charts-preview>

PNUD. (2019). Obtenido de http://www.hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_es.pdf

PNUD. (2019). Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2012/06/19/-universal-access-to-energy-getting-the-framework-right.html>

Power Equipment Direct. (2020). Obtenido de <https://www.powerequipmentdirect.com/stories/913-How-to-Maintain-Your-Wood-Chipper.html>

Precios Mundi. (2020). Obtenido de <https://preciosmundi.com/honduras/precio-vivienda-salarios>

Red Honduras. (2020). Obtenido de <https://redhonduras.com/geografia/departamento-de-choluteca/>

Red Honduras. (2020). Obtenido de <https://redhonduras.com/economia/salario-minimo-honduras-2019-2020/>

SMA. (2020). Obtenido de http://files.sma.de/dl/6/SMA_IMAGE-AES083210.pdf

SMA. (2020). Obtenido de http://files.sma.de/dl/2485/SI_6H8H-AES122810W.pdf

Smasolar. (2020). Obtenido de https://pdf.archiexpo.es/pdf/sma-solar-technology/catalogo-productos/87541-109701-_11.html

Solarmat. (2020). Obtenido de <http://solarmat.es/es/conexion-a-red/modulo-monocristalino-perc-jinko-solar-cheetah-315w-60-celulas.html>

STATISTA. (2020). Obtenido de <https://www.statista.com/chart/16905/gdp-per-hour-worked-across-the-total-economy/>

Telesur. (2020). Obtenido de <https://www.telesurtv.net/news/honduras-umbral-pobreza-datos-20200203-0033.html>

UK Government. (2018). Obtenido de <https://www.ofgem.gov.uk/data-portal/energy-spend-percentage-total-household-expenditure-uk>

UNESCO. (2018). Obtenido de <http://uis.unesco.org/en/country/hn>

UNICEF. (2016). Obtenido de <https://www.unicef.org/honduras/media/486/file/Ahora-lo-urgente-sequ%C3%ADa-estudio-2016.pdf>

Weather Spark. (2020). Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/149800/Clima-promedio-en-Choluteca-Honduras-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Zionet. (2017). Obtenido de <https://zoinet.org/wp-content/uploads/2018/02/Nexus.brief-elnino-sp-7dec2017.pdf>

DOCUMENTO II:

PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO

En este apartado se va a proceder a cuantificar el coste total que ha supuesto el proyecto de diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras. La duración del mismo ha sido de cinco meses teniendo en cuenta la búsqueda bibliográfica, los cálculos realizados y las consultas realizadas a los miembros del IIE.

1.1 Recursos Humanos

En lo referido a los costes asociados al capital humano que ha intervenido en el presente trabajo se encuentran tres personas: un estudiante el último curso del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, un estudiante de doctorado en ingeniería y un docente ingeniero de la UPV. De acuerdo con el Centro de apoyo a la invocación, la investigación y la transferencia de tecnología se han calculado los costes totales que suponen los recursos humanos.

Concepto	Coste Unitario (€/h)	Tiempo empleado (h)	Coste total (€)
Estudiante de ingeniería	18,3	300	5490
Estudiante de doctorado	28,4	4	113,6
Docente ingeniero	49,2	120	5904

Tabla 15: Coste destinado a los recursos humanos

1.2 Amortización de equipos

Los equipos informáticos utilizados para realizar este proyecto cuatro: dos ordenadores portátiles por parte del estudiante, un portátil por parte del estudiante de doctorado y otro más por parte del docente ingeniero. Teniendo en cuenta los periodos de amortización y el precio de los mismos, el balance del presupuesto de amortización de equipos es el mostrado en la siguiente tabla.

Concepto	Precio unitario (€)	Período amortización total (años)	Período amortizado (años)	Coste amortización (€)
Ordenador Portátil 1 estudiante	800	5	0,2	32
Ordenador Portátil 2 estudiante	950	5	0,3	57
Ordenador Portátil doctorando	1100	5	0,1	22
Ordenador Portátil docente	900	5	0,2	36

Tabla 16: Coste requerido para la amortización de equipos

1.3 Resumen Presupuesto

Con todo ello, el resumen del presupuesto del proyecto con su respectivo coste total aproximado incluiría además una cantidad asociada a los costes indirectos tales como desplazamientos, y objetos tales como rúter, dispositivos de almacenamiento de memoria, etc. Este se presenta a continuación.

Diseño de una comunidad de energía de más de 500 personas para explotar una mini red eléctrica híbrida aislada de energías renovables de 70 kWp en Honduras.

Concepto	Importe (€)
Coste Recursos Humanos	11507,6
Coste amortización Equipos	147
Costes Indirectos	150
Presupuesto Ejecución Material	11804,6
IVA (21%)	2478,97
TOTAL	14283,57

Tabla 27: Coste total del proyecto