

**SISTEMA INTEGRADO DE
CONTROL PARA EL
ABASTECIMIENTO DE
ENERGÍA MEDIANTE
SISTEMAS HÍBRIDOS EN
COMUNIDADES
AISLADAS DE CUBA.
FASE II (PROYECTO
HIBRI2)**

Domínguez Bravo, F.J.
Arribas de Paz, L.M.
de Diego Chica, L.
Herrera Orozco, I.
Zarzalejo Tirado, L.F.



Publicación disponible en el [Cátalogo general de publicaciones oficiales](#).

© CIEMAT, 2022

ISSN: 2695-8864

NIPO: 832-22-020-0

Maquetación y Publicación:

Editorial CIEMAT

Avda. Complutense, 40 28040-MADRID

Correo: editorial@ciemat.es

[Novedades editoriales CIEMAT](#)

El CIEMAT no comparte necesariamente las opiniones y los juicios expuestos en este documento, cuya responsabilidad corresponde únicamente a los autores.

Reservados todos los derechos por la legislación en materia de Propiedad Intelectual. Queda prohibida la reproducción total o parcial de cualquier parte de este libro por cualquier medio electrónico o mecánico, actual o futuro, sin autorización por escrito de la editorial.

SISTEMA INTEGRADO DE CONTROL PARA EL ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA MEDIANTE SISTEMAS HÍBRIDOS EN COMUNIDADES AISLADAS DE CUBA. FASE II (PROYECTO HIBRI2)

Domínguez Bravo, F.J.; Arribas de Paz, L.M.; de Diego Chica, L.; Herrera Orozco, I.; Zarzalejo Tirado, L.F.

62 pp; 24 ref., 23 fig., 6 tbl

Resumen:

El proyecto HIBRI2 quiere contribuir a la promoción del uso eficiente y el desarrollo de las energías renovables en Cuba mediante el diseño e implementación de sistemas innovadores basados en la hibridación de diferentes tecnologías dentro de una microred. Las fuentes consideradas en este proyecto son: biomasa, solar y eólica.

HIBRI2 tiene un antecedente previo en el proyecto HYBRIDUS, en el cual se analizaron en profundidad las posibilidades de desarrollo de sistemas híbridos biomasa-solar para el abastecimiento de comunidades aisladas en Cuba.

Ambos proyectos han sido financiados por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de su convocatoria de acciones de innovación.

INTEGRATED CONTROL SYSTEM FOR ENERGY SUPPLY THROUGH HYBRID SYSTEMS IN ISOLATED COMMUNITIES IN CUBA. PHASE II (HIBRI2 PROJECT)

Domínguez Bravo, F.J.; Arribas de Paz, L.M.; de Diego Chica, L.; Herrera Orozco, I.; Zarzalejo Tirado, L.F.

62 pp; 24 ref., 23 fig., 6 tbl

Abstract:

The HIBRI2 project wants to contribute to the promotion of efficient use and development of renewable energies in Cuba through the design and implementation of innovative systems based on the hybridization of different technologies into a microgrid. The sources considered in this project are biomass, solar and wind.

HIBRI2 has a previous antecedent in the HYBRIDUS project, in which the development possibilities of hybrid biomass-solar systems for the supply of isolated communities in Cuba were analysed in depth.

Both projects have been funded by the Spanish Agency for International Development Cooperation (AECID) through its call for innovation actions.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación ha sido realizada con el apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en el marco del proyecto: “Sistema de control integrado para el suministro de energía mediante sistemas híbridos en comunidades aisladas de Cuba. Fase II” (2018/ACDE/000600).

Proyecto financiado por:



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	7
2	DISEÑO DE LA MICRORED.....	9
	2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	9
	2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA MICRORRED.....	18
	2.3 PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN.....	19
3	CREACIÓN DE CAPACIDADES	24
	3.1 INTRODUCCIÓN: CONTEXTUALIZACIÓN	24
	3.2 ACTIVIDADES Y RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CREACIÓN DE CAPACIDADES LOCALES.....	25
	3.3 ACCIONES DE DIFUSIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO HIBRI2. PORTAL WEB HIBRI2. RED DE BIOENERGÍA.....	29
	3.4 PASANTÍAS	30
	3.5 CURSO ONLINE DE PREPARACIÓN EN LAS TECNOLOGÍAS IMPLEMENTADAS.	31
4	SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA	32
	4.1 ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL	32
	4.2 ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL E INSTITUCIONAL DEL PROYECTO.	38
	4.3 ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO	44
	4.4 REPLICABILIDAD ESPACIAL Y TECNOLÓGICA.....	45
5	CONCLUSION	47
6	BIBLIOGRAFIA.....	48
	ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Plano con la red de distribución existente (fuente: UNE).....	14
Figura 2.	Perfil de consumo propuesto para Guasasa	15
Figura 3.	Diagrama unifilar de la instalación micro red (Fuente: CUBAENERGÍA).....	21
Figura 4.	Vista de lugares de instalación.....	22
Figura 5.	a) Sala de baterías, convertidores y c) Dos reguladores solares FV marca Victron (azules) y regulador eólico marca Bornay; d) Inversores solares FV de conexión a red marca SMA, modelo Sunny Boy; e) Vista del generador FV ubicado en la azotea (Fuente: CUBAENERGIA); b) Inversor de batería marca Victron, modelo Quattro.....	23
Figura 6.	Ejemplo de captura de la pantalla del sistema de monitorización de la microrred.....	23
Figura 7.	Participantes en el taller.	27
Figura 8.	Visitas de campo a Guasasa.	27
Figura 9.	Modelo de certificado.....	27
Figura 10.	Etapas del ciclo de vida de un producto	33
Figura 11.	Relación entre las cuatro etapas de ACV	34
Figura 12.	Cambio climático.....	36
Figura 13.	Contribución al Cambio climático por fuente de energía.....	37
Figura 14.	Demanda Acumulada de Energía.....	37
Figura 15.	Enfoque integral del ACVS. Adaptado de [18].	38
Figura 16.	Esquema general de las etapas del ciclo de vida socio-institucional del Proyecto	39
Figura 17.	Flujos o transacciones económicas en un proceso productivo	40
Figura 18.	Representación esquemática del Modelo de Leontief	41
Figura 19.	Impactos socioeconómicos del despliegue del proyecto HIBRI2.	42
Figura 20.	Empleo extranjero.....	43

Figura 21. Impactos socioeconómicos del despliegue del proyecto (impactos en planta incluidos).	44
Figura 22. Representación esquemática de la replicabilidad espacial y tecnológica	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Algunos resultados de la visita a Guasasa, como ejemplo, para el análisis socio-económico.	13
Tabla 2. Caracterización de las muestras de biomasa (resultados en %).	16
Tabla 3. Configuraciones para el Caso Base y el Diseño Propuesto, en Guasasa	18
Tabla 4. Principales parámetros para el Caso Base y el Diseño Propuesto, en Guasasa	19
Tabla 5. Inventario del sistema propuesto HIBRI2	35
Tabla 6. Indicadores socioeconómicos del despliegue del proyecto HIBRI2	44

1 INTRODUCCIÓN

Las microrredes híbridas, basadas en energías renovables, para el abastecimiento de comunidades aisladas o conectadas a la red, ofrecen unas claras ventajas en zonas donde el abastecimiento no está asegurado o el impacto del mismo es muy alto.

En este sentido, el proyecto HIBRI2 quiere contribuir a la promoción del uso eficiente y el desarrollo de las energías renovables en Cuba mediante el diseño e implementación de sistemas innovadores basados en la hibridación de diferentes tecnologías. Las fuentes consideradas en este proyecto son: biomasa, solar y eólica. Tiene un antecedente previo en el proyecto [HYBRIDUS](#), en el cual se analizaron en profundidad las posibilidades de desarrollo de sistemas híbridos biomasa-solar para el abastecimiento de comunidades aisladas en Cuba [1].

El proyecto [HIBRI2](#), Sistema integrado de control para el abastecimiento de energía mediante sistemas híbridos en comunidades aisladas de Cuba. Fase II, financiado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en su convocatoria de proyectos de innovación de 2018 (Referencia 2018/ACDE/000600), tiene como objetivo general: Contribuir a la promoción del uso eficiente y el desarrollo de las energías renovables en Cuba.

Su objetivo específico es garantizar la introducción de sistemas híbridos con energías renovables en la población meta. Este objetivo se debe de alcanzar a través de 4 resultados:

- Aplicación de la solución innovadora
- Coordinación del proyecto.
- Creación de capacidades
- Replicabilidad y sostenibilidad del sistema

Estos resultados son los que se recogen en el presente informe.

El proyecto se inició el 3 de mayo 2019, finalizando el 20 de noviembre de 2021, tras 2 años y medio de andadura, frente a los 18 meses originalmente planificados.

El proyecto contó con un presupuesto de 478.320 €, de los cuales la AECID aportó 298.320 €.

El consorcio estaba formado por el CIEMAT, que lideraba el proyecto, la ONG SODEPAZ y la empresa tecnológica BORNAY. Como Socios locales contaba con: CUBAENERGIA y CUBASOLAR.

La propuesta original planteaba la hibridación de una planta de gasificación de biomasa ya instalada en La Veguera [2], con energía solar fotovoltaica. Esta idea original tuvo que ser modificada, una vez iniciado el proyecto, por no contar con el respaldo de la organización provincial responsable del suministro eléctrico.

Tras este contratiempo se optó por implementar un sistema completo en la comunidad de Guasasa, en el municipio de Ciénaga de Zapata, al sur del país. La comunidad de unas 80 viviendas contaba con un generador diésel que abastecía, no sin dificultades, la demanda durante 12 horas diarias.

Sobre esta base se realizó un primer diseño de microred en la que se hibridaba y simulaba el comportamiento de los siguientes elementos: el generador diesel ya existente, una gasificadora que aprovecharía los recursos biomásicos locales, una planta fotovoltaica de varias decenas de kilovatios, un pequeño aerogenerador, baterías y electrónica de gestión. En este informe se hace una descripción detallada de este diseño.

Además, se realizaron los estudios de sostenibilidad y el análisis geográfico [3] y se comenzó a implementar un plan de capacitación teniendo en cuenta las circunstancias locales.

Durante el desarrollo del proyecto en esta nueva ubicación surgieron dos problemas. En primer lugar, la empresa eléctrica no acaba de definir su conformidad con el proyecto y, en segundo lugar, se declaró la pandemia de COVID19 que impidió viajar a la isla y continuar la labor de campo.

Antes estas circunstancias, se solicitó un nuevo cambio a la AECID y se procedió a un nuevo diseño de microred a instalar en las instalaciones de CUBAENERGIA en La Habana. Esta solución se demostró viable y, finalmente, pudo ser implementada.

La nueva instalación tiene varios aspectos positivos como son su capacidad para actuar no solo como infraestructura de generación sino también como banco de pruebas y simulación, lo cual permite poder valorar su comportamiento en una localización aislada como se planteó originalmente.

Por otro lado, la instalación tiene un enorme valor como elemento demostrativo y formativo. Tanto su localización, como la gestión que de la misma realizan los especialistas de CUBAENERGIA contribuyen a que estos aspectos supongan un gran valor que no tenían las ubicaciones originales.

Finalmente, nos consta que la microred está dando un soporte “real” en una situación muy complicada respecto al abastecimiento energético como es la que actualmente está viviendo el país.

El proyecto finalizó en noviembre de 2021, presentándose todos los informes a la AECID en abril de 2022. El Informe Técnico CIEMAT que aquí presentamos, busca diseminar algunos de los aspectos abordados y hacer pública parte de la información y de los análisis realizados. Otras publicaciones como master [4], congresos, artículos..., presentes y futuras, forman igualmente parte de este estudio. No se pretende aquí una recopilación exhaustiva de todo el trabajo realizado, sino contribuir a su síntesis y difusión.

2 DISEÑO DE LA MICRORED

El procedimiento de diseño descrito aquí sólo trata algunas consideraciones técnicas del mismo; el desarrollo y la gestión de un sistema híbrido es un proceso relativamente largo y complicado, e implica otros aspectos clave como, por ejemplo, aspectos sociales, medioambientales, de gestión, contractuales, de garantía de calidad, de formación y algunos otros. Obviamente, estos aspectos deben tenerse en cuenta a lo largo del desarrollo del proyecto, y de hecho algunos de ellos serán descritos en otros apartados de este documento. La metodología de diseño incluye básicamente las siguientes etapas: Recogida de datos, Estudio de dimensionamiento y Proyecto de implantación. Estas tres etapas se describirán a continuación, para las distintas versiones realizadas; en particular, la recogida de datos se describirá para la versión 1, la primera, en la que se recopilaban los principales datos de entrada; el estudio de dimensionamiento para la versión 3, la presentada a la Unión Nacional de Electricidad (UNE), en la que se barajaron las diferentes opciones de implementación; y el proyecto de implementación para la versión 5, la que finalmente se ha llevado a cabo.

2.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los diferentes aspectos que influyen en el funcionamiento del sistema se enumeran a continuación y se caracterizan en los siguientes capítulos. Estos son: la caracterización del emplazamiento (cargas, información topográfica, recursos disponibles, es decir, biomasa, solar y eólica); los componentes (gasificador de biomasa, grupo electrógeno, generador fotovoltaico, turbina eólica, baterías y convertidor electrónico); y los parámetros económicos.

El caso de estudio para la presentación de la etapa de Recolección de datos es Guasasa, un pueblo costero aislado al este de Playa Girón, una localidad del municipio de Ciénaga de Zapata, en la provincia de Matanzas. Está situada en el sur de Cuba, lindando con el Mar Caribe. El lugar cuenta con un generador diésel de 80 kW que proporciona un suministro eléctrico de 12 horas a la población.

2.1.1 VISITA DE CAMPO

Como preparación de la visita de campo, es conveniente la elaboración previa de un cuestionario, relativo al emplazamiento, que ayudaría en la fase de adaptación del diseño. Los aspectos a incluir son muchos, y dependen de las circunstancias y condiciones de la visita, pero idealmente incluirían los siguientes puntos:

- Toda la información del emplazamiento
- Análisis socio-económico: como mínimo
 - Número de familias y habitantes

- Distribución por edades y género
- Actividades principales
- Modelo de organización
- Necesidades, motivaciones, expectativas y nivel de involucración con el sistema propuesto
- Análisis de consumo de energía
 - Número de viviendas
 - Distribución por viviendas tipo - Consumos típicos de cada vivienda (número de equipos, horas de funcionamiento, ...)
 - Otros edificios (almacén, taller, centro social, centro de salud ...) – Consumos asociados para cada tipo (número de equipos, horas de funcionamiento ...)
 - Distancias aproximadas
 - Previsión de crecimiento
- Evaluación del sitio y descripción:
 - Consideraciones relativas al uso de la tierra
 - Condiciones del suelo (tipo, dureza, humedades ...)
 - Requisitos de conexión y trazado del cableado, tales como líneas aéreas o subterráneas existentes.
 - Además, la evaluación de sitio debe cubrir caminos, obstáculos y accesibilidad del sitio para la entrega de los componentes y el equipo de construcción, así como para la instalación propiamente dicha
 - Información del lugar y datos administrativos
 - Como un marco básico, es útil anotar la dirección del sitio, coordenadas GPS, mapas de localización (tanto macro escala como micro escala), un plano del sitio y fotografías del sitio
 - Las imágenes panorámicas ayudarán a documentar la topografía, el paisaje y los obstáculos (suelen comenzar al norte [brújula...] y girar 45° para cada foto posterior, hasta completar los 360° con 8 fotografías). Habría que realizar estas imágenes panorámicas al menos para los siguientes lugares:

- Del edificio que alberga el sistema existente
 - De los posibles sitios que se identifiquen como más apropiados para la instalación del aerogenerador
 - Si hubiera un lugar que se considere especialmente apropiado para la instalación del aerogenerador, para éste incluir además forma, altura, longitud, anchura y distancia y dirección de los obstáculos (como edificios, árboles o similares) en un radio de 100 metros a la redonda
- Topografía. La descripción topográfica debe incluir forma, altura, longitud, anchura y distancia y dirección de cualquier accidente geográfico significativo, como montañas o similares (si se ha seleccionado un sitio claro para el aerogenerador, referenciados respecto a él).
- Caracterización de los recursos (intuitiva; Fuentes de datos; ...)
 - Eólicos y solares
 - Biomasa: Especialmente todo lo que tenga que ver con la tipología de la biomasa y su abundancia, climatología, disponibilidad de cartografía, etc.
- Otros puntos
 - Regulación administrativa
 - Posibles restricciones para el aerogenerador.
 - Consideraciones administrativas relativas a Aviación
 - Ambiental: Tales impactos pueden incluir, pero no limitado a, afecciones a aves y fauna silvestre (especialmente si se trata de zona protegida)
 - Otros
- Descripción del sistema existente
 - Edificio que lo alberga
 - Fotos
 - Ubicación en plano
 - Número de dependencias
 - Tipo de construcción

- Sistema:
 - Características:
 - Tensión (en voltios)
 - Monofásico / trifásico
 - Frecuencia (50 / 60 Hz)
 - Componentes (grupo electrógeno, ...)
 - Fotos
 - Potencia (en kilovatios)
 - Combustible (gasolina, gas, diésel...)
 - Depósito para combustible (capacidad, ubicación, fotos...)
 - Estrategia de funcionamiento (manual / automática; 24 horas / limitado; ...)
 - Cuadros de protección y/o maniobra (ubicación, fotos...)
 - Medidores (ubicación, fotos...)
- Eficiencia energética: medidas identificadas de posible mejora
- Marco económico
 - Actual: cuánto pagan los usuarios por la energía que consumen; coste del combustible del grupo electrógeno,...
 - Futuro: disponibilidad para pagar; posibles esquemas de gestión sostenibles
- Marco de Gestión del sistema:
 - Actual: una / varias personas; O&M; seguridad...
 - Futuro: sostenibilidad; posibilidades reales de realización de la O&M una vez el proyecto esté entregado ...
- Mejor ubicación para el nuevo sistema: propuesta in situ (si surge)
 - Baterías, Convertidores electrónicos
 - Generador fotovoltaico, Aerogenerador
- Conclusiones

A modo de ejemplo, se adjuntan en la Tabla 1 los resultados obtenidos de la visita de campo a Guasasa, primero en forma de tabla para el análisis socio-económico, y luego en forma de texto para el Informe forestal y la Evaluación.

Aspecto	Observación
Número de habitantes	TOTAL 214
Distribución por edades y género	Niños de 0-7: 28 Niños de: 7-12: 21 Mujeres: 70 Hombres: 95.
Actividades principales	Pesca: 60% Forestal: 25% Servicios comunitarios: 15%
Actores locales implicados	UNE CITMA Gobierno Municipal Sector Forestal (Flor y Fauna)
Modelo de organización	Circunscripción del Municipio Ciénaga de Zapata Provincia Matanzas
Consideraciones generales	Pese a ser una Comunidad aislada se ve un nivel socio-económico elevado en comparación con La Veguera La gran mayoría de viviendas son de mampostería y se encuentran en muy buen estado.
Necesidades y motivaciones	Pasar a 24h de suministro eléctrico (tienen 12h con el grupo electrógeno actual) Conservación del pescado Ventilación nocturna (mosquitos y calor)
Expectativas y nivel de involucración	Visita guiada por la Delegada de la Comunidad (máxima representante política de la zona) Persona muy activa y entusiasta

Tabla 1. Algunos resultados de la visita a Guasasa, como ejemplo, para el análisis socio-económico.

2.1.1.1 INFORME FORESTAL

La empresa forestal depende del Grupo Flor y Fauna. Gestiona las 4 zonas protegidas del Municipio y se dedica mayoritariamente a la conservación, y en menor a la producción (leña, carbón para exportación, madera serrada). Tienen el mecanismo creado de venta de leña a Centrales azucareros (AZCUBA) por lo que en nuestro caso sería replicar esa gestión para la UNE y la Biomasa. Se necesitan 600 kg de biomasa en astilla para alimentar el Gasificador de 20 kW, lo cual es un volumen muy bajo y asumible para los Forestales. El precio de la leña es de 13 CUP/metro cúbico. En la Comunidad hay una brigada de 22 trabajadores forestales que viven y trabajan allí. Junto al comedor forestal hay un pequeño edificio donde se plantea almacenar la biomasa. En el terreno que separa la caseta del Grupo del comedor forestal se plantea instalar los paneles y la bioplanta.

2.1.1.2 EVALUACIÓN

Nos encontramos con una comunidad aislada ciertamente peculiar, su actividad pesquera hace que tengan un desarrollo económico por encima del resto de este tipo de comunidades y una atención estatal privilegiada, pues cuenta con un grupo que funciona de manera estable 12 h al día, algo

bastante anómalo en Cuba. Es por ello que la justificación de la inversión en función de las necesidades de la población resultaría baja sino fuera por tratarse de una experiencia piloto e innovadora con un componente científico y con capacidad de ser estudiada y replicada.

Como la experiencia marca, el éxito dependerá de la apropiación local, tanto institucional como personal de los beneficiarios. En particular de la UNE quien deberá ser responsable final de la tecnología instalada. A nivel municipal, por la reunión mantenida, parece que hay motivación, queda por ver si a nivel provincial contamos con el mismo nivel de predisposición y apoyo.

Tras la visita realizada, y viendo la dotación de electrodomésticos de las viviendas, se considera que el principal problema de esa comunidad no es de generación sino de eficiencia energética. En una intervención integral, lo primero sería atacar esa ineficiencia (luminarias, congeladores caseros, cocinas eléctricas, bombeo) y más en un contexto como el cubano donde la energía es subvencionada y los beneficiarios no sienten en su bolsillo el consumo de la misma.

2.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS CONSUMOS

La localidad de Guasasa está enclavada a orillas de la costa sur de la porción más oriental de la Ciénaga de Zapata y ubicada a 27 km al este de Playa Girón, en las coordenadas Lat: 22,05714, Lon: -80,79159 y forma parte del Parque Nacional Ciénaga de Zapata, el mayor humedal del Caribe y Reserva de la Biosfera.

La comunidad está conformada por 82 viviendas y 243 habitantes. Como instalaciones de servicios públicos cuenta con una bodega, un consultorio médico, un círculo social, una escuela primaria y una sala de televisión. En cuanto a su economía, la principal actividad de la población se basa en la pesca, que constituye alrededor del 60 % de la economía total. Además de la pesca, otras actividades desarrolladas por la población son la silvicultura y el trabajo comunitario, que representan el 25 % y el 15 % de la economía total, respectivamente.

En la Figura 1 se observa el actual plano de la red eléctrica con la localización del generador y el esquema de la red.

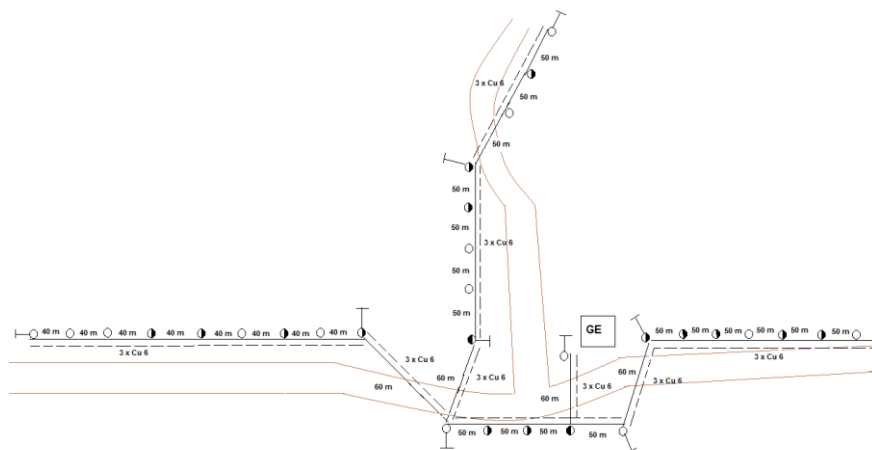


Figura 1. Plano con la red de distribución existente (fuente: UNE)

En este contexto, como se ha mencionado anteriormente, se propone aumentar las horas de suministro (actualmente 12 horas) para llegar a una situación de consumo de 24 horas al día. Aunque se realizaron algunas campañas de medición de la situación existente (12 horas suministradas desde el grupo electrógeno), se estimó el perfil de carga de diseño (24 horas suministradas desde la microrred), como se muestra en la Figura 2.

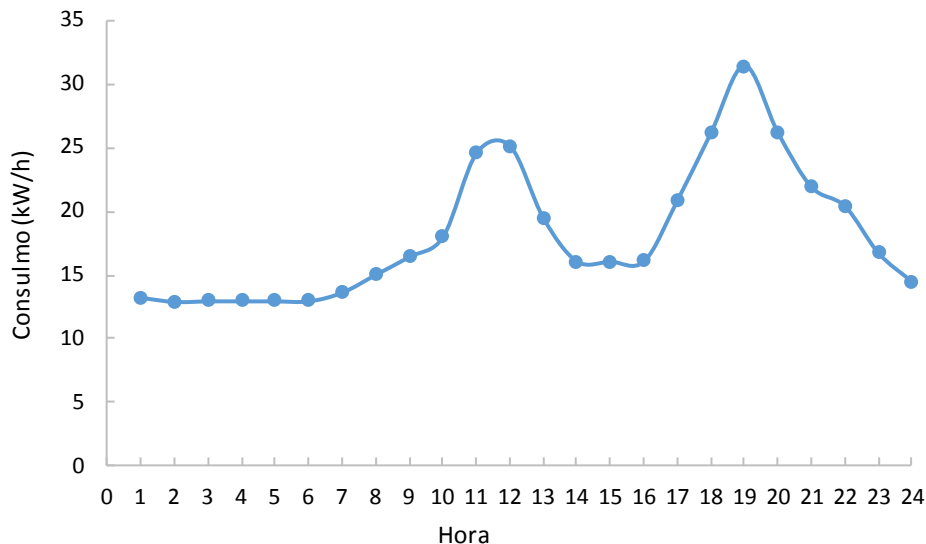


Figura 2. Perfil de consumo propuesto para Guasasa

2.1.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS RENOVABLES

Sólo se han considerado los recursos solar, eólico y de biomasa, cuya caracterización se describe a continuación. Existe una estación meteorológica en Playa Girón a cuyos datos se tuvo acceso, pero la calidad de estos era insuficiente para su utilización por lo que se ha trabajado con otras fuentes de datos que se pasan a describir a continuación.

2.1.3.1 RECURSO SOLAR

En este caso se estudian diversas bases de datos, como [Meteonorm](#), la base de datos de meteorología y energía solar de la [NASA](#), o el [Atlas Solar Global](#), basado en SolarGIS. Igualmente, en el marco del proyecto, se realizó un mapa solar de la provincia de Matanzas [3], con especial atención a la comunidad de Guasasa, mediante la aplicación de una novedosa metodología soportada por un SIG.

2.1.3.2 RECURSO EÓLICO

Se presentan aquí varias bases de datos consultadas. La primera es la base de datos de meteorología y energía solar de la NASA, ya referida anteriormente; la segunda es [Global Wind Atlas](#).

Global Wind Atlas es una base de datos que puede proporcionar tanto rosas de viento, velocidades, densidad de energía, etc. (a alturas de 50, 100 y 200 metros), así como capas SIG para trabajar con

ellas en ArcGIS. Sin embargo, no proporcionan valores medios horarios, por lo que se utilizan los datos de la base de datos de la NASA para este fin.

2.1.3.3 RECURSO DE LA BIOMASA

La caracterización de la biomasa como recurso renovable se basa en los siguientes parámetros

- Biomasa disponible (toneladas/día): Se asume que la biomasa alimenta al gasificador para producir syngas, y los generadores consumirán este syngas para producir electricidad. La biomasa a utilizar en Guasasa se compone principalmente de yarúa, soplillo y ocuje. Se considera que la disponibilidad de esta biomasa es varias veces superior a la requerida por la planta. Por ello, se ha estimado la biomasa necesaria para proporcionar el consumo eléctrico calculado en el apartado correspondiente, utilizando la siguiente expresión

$$\text{Biomasa (kg/h)} = \text{Consumo de gas (kg/h)} / \text{Relación de gasificación (kg/kg)} \quad (1)$$

El consumo de gas se establece a partir de la potencia eléctrica entregada por el grupo electrógeno y la curva de consumo de combustible del mismo, mientras que para la relación de gasificación se ha tomado el valor de 1,89 kg/kg; ambos se analizarán en apartados posteriores.

Precio medio (\$/t): 120 CUP/tonelada = 5 USD/tonelada; cambio aplicado: 1 USD = 24 CUP

- Contenido de Carbono (%): en base a los análisis de las muestras realizados en los laboratorios del CIEMAT-CEDER de Soria, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2, el valor utilizado para el Contenido de Carbono es de 48, como estimación del valor promedio.

Ref. original	Humedad	Ceniza	Volátiles	Carbono	Hidrógeno	Nitrógeno	Azufre	Cloro	Oxígeno
Aceicillo	12,90	0,80	82,50	50,20	6,00	0,20	0,02	0,03	42,75
Soplillo	18,40	3,00	83,80	47,30	5,90	0,37	0,02	0,02	43,39
Llarúa	13,60	6,80	75,10	47,70	5,60	0,59	0,06	0,18	39,07
Guairage	15,80	2,80	79,40	48,80	5,80	0,20	0,03	0,09	42,28

Tabla 2. Caracterización de las muestras de biomasa (resultados en %).

2.1.4 **CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES**

A continuación, se describen brevemente algunas de las principales características de los componentes considerados, empezando por el gasificador, que es probablemente el más peculiar de los componentes de las configuraciones analizadas.

2.1.4.1 GASIFICADOR

Los principales parámetros que caracterizarán al gasificador son:

- Relación de gasificación (kg/kg): entendida como la relación entre el syngas generado y la biomasa consumida en el gasificador. El valor obtenido es de 1,87 kg/kg. La tecnología de la planta es de la empresa india Ankur. Este tipo de gasificador acepta varios tipos de leña, astillas, bambú picado, etc., siempre que tengan un contenido de humedad inferior al 20 % [6].
- Valor calorífico inferior del gas de síntesis (PCI), en (MJ/kg): Según los datos del fabricante, el PCI del gas es de aproximadamente 1050 kcal/Nm³ (1468,89 kcal/kg) o 6,15 MJ/kg.

2.1.4.2 GRUPO ELECTRÓGENO

Además del grupo electrógeno asociado al gasificador, se consideró el grupo electrógeno existente antes del proyecto (80 kWe, marca DENYO, modelo DCA-100ESI).

2.1.4.3 GENERADOR SOLAR FOTOVOLTAICO

El generador fotovoltaico se instalará sobre una estructura fija en el suelo, y se conectará en el lado de CA a través de un inversor, o en el lado de CC a través de un regulador de carga.

Para el diseño se ha seleccionado un módulo de Canadian Solar, modelo SuperPower CS6K-295MS. En cuanto al tamaño de la parte solar, se ha fijado en 40 kW. Se considera un coste de 1.750 \$/kWp.

2.1.4.4 GENERADOR EÓLICO

En este caso, el aerogenerador a incluir es del fabricante Bornay, participante en el proyecto, y el modelo es el de 3000 W, por lo que se utilizarán sus características (curva de potencia; vida útil de 20 años, altura del buje de 17 m, coste de 3500 \$/kW).

2.1.4.5 ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS

Para el sistema de almacenamiento se ha propuesto el almacenamiento electroquímico basado en baterías de plomo-ácido. Inicialmente se ha seleccionado el modelo BAE Secura PVS BLOCK Solar Battery, con una capacidad nominal de 2,17 kWh/elemento y un coste de unos 200 \$/kWh.

2.1.4.6 CONVERTIDOR DE POTENCIA

Es necesario incorporar al sistema un convertidor electrónico bidireccional que permita el cambio de corriente continua a corriente alterna y viceversa. Se considera un coste de 300 \$/kW.

2.1.4.7 CONTROL Y MONITORIZACIÓN DEL SISTEMA

Se contactó con diferentes empresas para consultar posibles soluciones relacionadas con el control y la monitorización, como: ELUM, AGETO o INFINERGIA. Finalmente se optó por una solución para el control y la monitorización asociada a los propios convertidores electrónicos. Dentro de los

fabricantes de convertidores electrónicos analizados, se optó por la solución de Victron frente a la de SMA por una mejor relación calidad precio.

2.1.5 PARÁMETROS ECONÓMICOS

Cabe destacar una serie de parámetros básicos [6], en cuanto a la tasa de inflación, el valor que se ha tomado es del 2,8 %; para la tasa de descuento, destaca un valor del 8,9 %, cifra que se ha estimado que aumentará en el periodo 2016-2033, por lo que para los casos estudiados se ha seleccionado una hipótesis del 10 % como valor para este parámetro; por otro lado, el tiempo de vida del proyecto se estima en 15 años.

En esta referencia [6], se encuentra un primer esbozo del diseño del sistema de Guasasa, realizado como un Trabajo de Fin de Máster dirigido desde CIEMAT.

2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA MICRORRED

El resultado de esta fase del diseño es un comportamiento detallado de la configuración seleccionada en términos de estabilidad y rendimiento. El software utilizado en ambas iniciativas ha sido HOMER, referencia internacional para el diseño de sistemas híbridos y microrredes.

El estudio de dimensionamiento ha consistido en: establecer el Caso Base como referencia, que es el sistema existente (grupo electrógeno de 80 kW_e), para posteriormente diseñar la configuración óptima según las condiciones particulares de cada emplazamiento.

Los resultados muestran que la inclusión de generación renovable en la microrred es siempre favorable, tanto desde el punto de vista medioambiental como económico. La Tabla 3 muestra, por ejemplo, los resultados del estudio de dimensionamiento de Guasasa, en términos de configuración.

Componente	Caso Base	Diseño propuesto
Grupo electrógeno	80 kW	80 kW
Gasificador (10 kW)	-	10 kW
Generador FV (40 kW)	-	40 kW
Aerogenerador (3 kW)	-	3 kW
Batería (50kWh)	-	50 kWh

Tabla 3. Configuraciones para el Caso Base y el Diseño Propuesto, en Guasasa

Y en la Tabla 4 se muestran los principales resultados para ambos casos en Guasasa, teniendo en cuenta que ambos son para un servicio de 24 horas.

Parámetro	Caso Base	Diseño Propuesto
Fracción diésel	100%	0%
Fracción renovable	0%	53%
Exceso de electricidad	0%	12%
Consumo de combustible	63.540 l/año	20.693 l/año
Inversión de capital	0 \$	140.750 \$
LCOE (\$/kWh)	99%	54%

Tabla 4. Principales parámetros para el Caso Base y el Diseño Propuesto, en Guasasa

Tanto desde el punto de vista medioambiental (consumo de combustible, cuota de grupo electrógeno, fracción renovable) como desde el punto de vista económico (LCOE), el sistema propuesto resulta mucho más favorable; el único obstáculo conocido para esta instalación es la elevada inversión inicial, que puede suavizarse con iniciativas para fomentar el mercado de las microrredes mediante los mecanismos de financiación adecuados.

2.3 PROYECTO DE IMPLEMENTACIÓN

Aunque una parte de la fase de implementación ya se había iniciado en Guasasa, el proyecto de implementación que se muestra en este apartado es el que finalmente se llevará a cabo: una microrred para la formación e investigación en las instalaciones de CUBAENERGIA. La finalidad de la microrred será dar capacitaciones y entrenamientos al personal técnico vinculado a la temática de los diferentes organismos, así como demostrar su aplicabilidad a diferentes entornos como es el de las comunidades aisladas con el fin de facilitar su implementación en Cuba y la transferencia efectiva de esta tecnología. Por lo tanto, esta será la versión discutida brevemente en este capítulo.

El Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (CUBAENERGIA) es una entidad de Ciencia e Innovación Tecnológica que contribuye a la toma de decisiones y la implementación de soluciones tecnológicas en el campo de la energía, medio ambiente y cambio climático. Se encuentra ubicada en calle 20 #4111 entre 18ª y 47, Playa, La Habana, Cuba (coordenadas 23,118736, -82,412029).

2.3.1 EQUIPOS

La red estará compuesta por 5 sistemas de generación o almacenamiento de energía. En principio para su diseño conceptual se tomó como base la tecnología multiclúster de inversores bidireccionales.

- Banco de baterías de litio de 40 kWh.
- Clúster de inversores bidireccionales de 30 kW de potencia
- Pequeña planta de gasificación de 10 kW

- Sistema FV de conexión de 20 kWp
- Mini Aerogenerador de 5 kWp a 12 metros por segundo de velocidad del aire.
- Sistema Electro-energético Nacional, SEN

2.3.2 LOS CONVERTIDORES ELECTRÓNICOS

La tecnología multiclúster no es más que la unión en forma de clúster de varios inversores bidireccionales, que permiten escalar la red a mayores potencias trifásicas. Este sistema es totalmente modular, por lo que permitiría el escalado de la microrred ante un posible aumento de la demanda dentro de algunos años. Entre los fabricantes de reconocido prestigio internacional de esta tecnología podemos citar a Victron Energy y SMA, ambos de origen europeo.

Esta tecnología funciona grosso modo de la forma en que se describe a continuación. A partir de la energía almacenada un banco de baterías gestionado por un clúster de inversores bidireccionales se establecerá la red eléctrica, fijando voltaje y frecuencia de la misma. Para esto el clúster estará continuamente supervisando la red, si la generación es mayor que la demanda, los inversores bidireccionales utilizarán la energía sobrante para cargar las baterías manteniendo de esta forma el balance en la red. En caso que las baterías lleguen a su carga máxima y habiendo más generación que demanda, los inversores bidireccionales disminuirán la generación FV y Eólica para mantener el equilibrio. Si la demanda es mayor que la generación, el inversor mediante la energía almacenada en las baterías suplirá la diferencia. En caso de bajar demasiado la carga en las baterías el clúster será capaz de dar una alarma para que el operador conecte la red eléctrica (SEN) o el gasificador y se recarguen las baterías (esta opción podría ser automática).

2.3.3 LA GENERACIÓN

Los generadores fotovoltaicos por medio de sus correspondientes inversores, se pueden conectar a una barra común que a su vez estará conectada a la salida de corriente alterna del inversor bidireccional. Mientras el generador eólico se conectará a la barra de corriente continua para cargar las baterías directamente por medio de reguladores cargadores.

La red del SEN se conectará a la entrada de CA del inversor bidireccional posibilitando su operación como respaldo o como fuente principal.

La planta de gasificación de biomasa se conectará al igual que el generador eólico a la barra de directa por medio de un regulador para cargar las baterías directamente. Se elaboraron los requisitos y especificaciones técnicas que debería cumplir el gasificador, obteniendo una oferta satisfactoria del fabricante AKNUR.

2.3.4 LOS CONSUMOS

El sistema estará conectado a la casa 4113 del centro permitiendo respaldar parte de esta en caso de ser necesario, además, de entregar la generación excedente al SEN. No obstante, la microrred se equipará con un sistema que permita la simulación de diferentes rampas de consumo, lo cual dará la capacidad de simular diferentes curvas de consumo y ver el comportamiento de ésta lográndose simular las condiciones de consumo de una comunidad aislada.

2.3.5 PRESUPUESTO

Tras el análisis de multitud de opciones para cuadrar los presupuestos, se llegó al presupuesto de 123.780 €. El material fue enviado en contenedor a La Habana, donde fue desembarcado, desaduanado, y trasladado a las instalaciones de CUBAENERGIA, donde se ha instalado y puesto en marcha ya la microrred, a falta de instalar el aerogenerador.

2.3.6 PLANOS Y ESQUEMAS

En la Figura 3 se presenta un diagrama unifilar del sistema finalmente implementado.

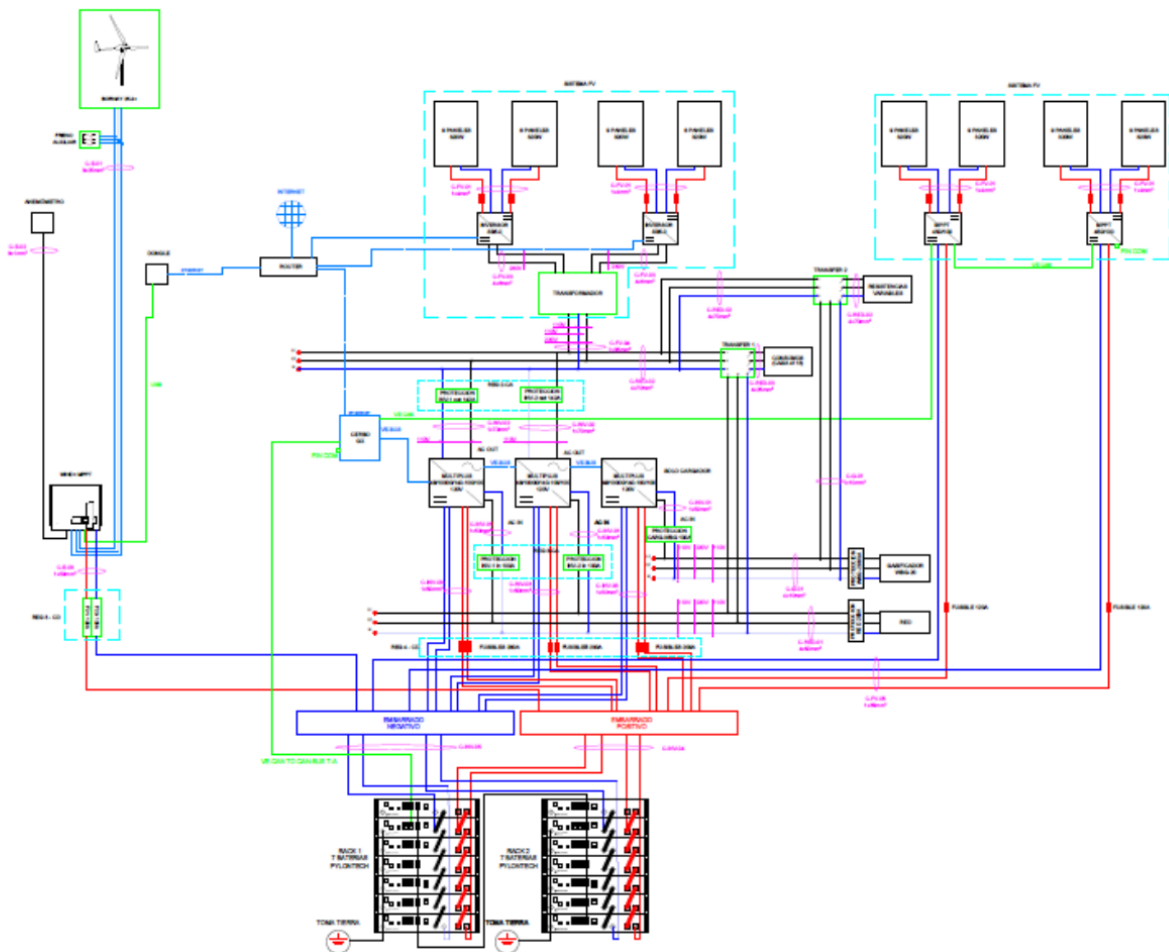


Figura 3. Diagrama unifilar de la instalación micro red (Fuente: CUBAENERGÍA)

Se puede observar que está compuesta por un generador solar fotovoltaico de 20 kWp, de los cuales 10 kWp se conectan al bus de corriente alterna a través de dos inversores solares, y los otros 10 kWp se conectan al bus de corriente continua a través de los respectivos dos reguladores de carga; hay un aerogenerador de 5 kW, un gasificador de 10 kW, una batería de Li-Ion de 50 kWh (la evolución de esta tecnología a lo largo de estos años ha hecho que entre en la configuración final); hay tres convertidores bidireccionales de 10 kW cada uno, uno para el gasificador y dos para la microrred; el papel del grupo electrógeno lo realiza la red, que es una red particular bifásica; e incluye también todo el equipamiento necesario para la implementación de la microrred.

En la Figura 4, por su parte, se muestra un plano de situación aérea de los lugares concretos propuestos para la instalación.

En la Figura 5 se incluye alguna documentación gráfica de la microrred en las instalaciones de CUBAENERGIA en La Habana.

En cuanto al funcionamiento de la microrred, todavía está en fase de pruebas, pero sirva la captura del sistema de monitorización presentada en la Figura 6 para tener una idea de las posibilidades de disponibilidad de información para la realización de los diferentes estudios. En el ejemplo, puede observarse cómo ahora mismo la microrred se comporta como un sistema de autoconsumo FV, sirviendo la microrred como sistema de alimentación ininterrumpida.



Figura 4. Vista de lugares de instalación



Figura 5. a) Sala de baterías, convertidores y c) Dos reguladores solares FV marca Victron (azules) y regulador eólico marca Bornay; d) Inversores solares FV de conexión a red marca SMA, modelo Sunny Boy; e) Vista del generador FV ubicado en la azotea (Fuente: CUBAENERGÍA); b) Inversor de batería marca Victron, modelo Quattro.

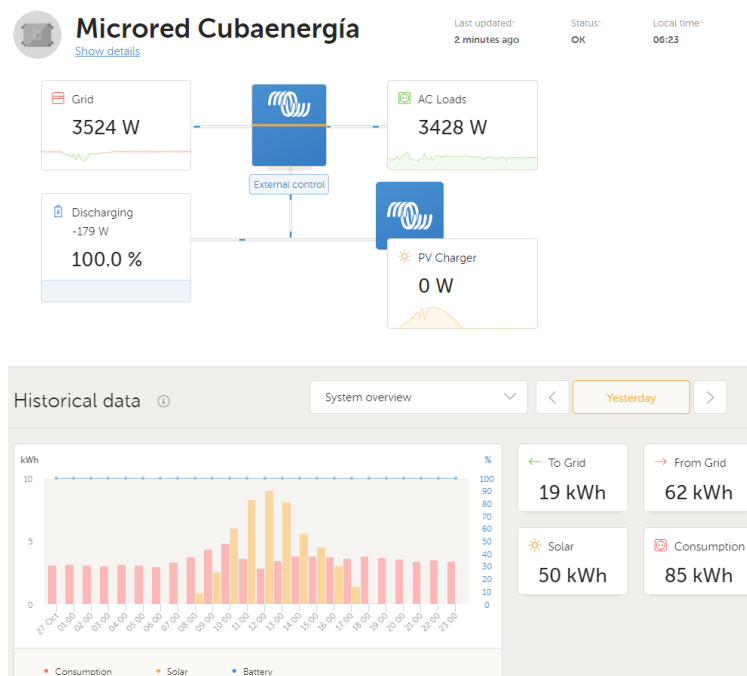


Figura 6. Ejemplo de captura de la pantalla del sistema de monitorización de la microrred.

3 CREACIÓN DE CAPACIDADES

3.1 INTRODUCCIÓN: CONTEXTUALIZACIÓN

La creación de capacidades es esencial para el desarrollo de competencias y para cubrir las necesidades de conocimiento y habilidades, siendo el motor del desarrollo humano, tecnológico, social y económico de una sociedad.

En este sentido, una parte importante del Proyecto, ha consistido en planificar y desarrollar un programa de creación de capacidades locales, y de difusión y transferencia de resultados del Proyecto, con el objetivo final de contribuir al proceso de apropiación de la tecnología por parte de la población beneficiaria final y de los agentes involucrados en la acción, para asegurar la sostenibilidad en el tiempo y la replicabilidad de la experiencia a otras poblaciones.

Este programa de Creación de Capacidades se ha desarrollado en cuatro líneas de actividad:

- Acciones de capacitación científico técnica de especialistas y agentes locales vinculados al proyecto, así como de profesionales del sector relacionados con la puesta en marcha de microrredes híbridas para el abastecimiento energético, postgrados, academia, etc. Este proceso que se ha llevado a cabo a través del ciclo de talleres científico técnicos “Fundamentos de las micro-redes eléctricas con Fuentes Renovables de Energía para comunidades aisladas” y donde se han abordado los diferentes temas objeto del proyecto a cargo de profesores del CIEMAT y de CUBAENERGIA, y especialistas y profesores de otras organizaciones, entre ellas, la Empresa BORNAY y la Universidad de Las Tunas (Ver Anexo I y Anexo II).
- Acciones de difusión y fortalecimiento de la Comunidad de Conocimiento Hibri2, integrada por expertos y profesionales del sector de las energías renovables y la sostenibilidad energética y ambiental, de la Isla de Cuba, fomentando su articulación con agentes, instituciones y colectivos implicados a nivel nacional e internacional, apoyándose en las herramientas TIC de difusión iniciadas en la primera fase del proyecto. Creación de un Portal Web para la difusión y visibilización de los resultados y productos de conocimiento del Proyecto. Generación y difusión de conocimiento a través de diferentes productos y materiales de conocimiento generados en el proyecto, artículos e informes científico-técnicos, trípticos y ponencias de los talleres, hojas de prensa, artículos de revistas, dossier divulgativo presentado en Jornadas tales como la COP25.
- Pasantías de seis meses para la formación en el CIEMAT de dos profesionales cubanos involucrados en el proyecto (Madrid, CIEMAT y Soria CEDER).

Los objetivos de esta estrategia de Creación de Capacidades son:

- Contribuir a la formación y aumento de competencias de profesionales e investigadores y los agentes del sector energético, en las diferentes disciplinas relacionadas con las Energías Renovables sobre una base científica. Y, en especial, en recursos solares y de biomasa y análisis previo del potencial del sistema híbrido propuesto.
- Promover el desarrollo de la comunidad científica y académica en torno a las disciplinas relacionadas con el diseño y desarrollo de microrredes híbridas y fomentar su articulación internacional.
- Promover la sostenibilidad del proyecto a través de la capacitación, formación y desarrollo de competencias orientadas los perfiles destinatarios y agentes involucrados en el desarrollo del proyecto, asegurando la igualdad de género y la capacitación técnica necesaria que promueva la continuidad y sostenibilidad de las instalaciones y del proyecto.
- Promover la difusión del proyecto, resultados y aplicación y uso de las plantas híbridas a los agentes interesados del gobierno, organismos reguladores, legisladores, órganos asesores y grupos de interés del sector público, los organismos de desarrollo, los desarrolladores comerciales y usuarios finales.
- Formación de especialistas cubanos de Cuba en España (Madrid, CIEMAT y Soria CEDER).

3.2 ACTIVIDADES Y RESULTADOS DEL PROGRAMA DE CREACIÓN DE CAPACIDADES LOCALES

3.2.1 ACCIONES DE CAPACITACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA: DISEÑO DE CICLO DE 3 TALLERES

La capacitación de los agentes locales involucrados en el Proyecto y especialistas y profesionales del sector de la energía de la Isla de Cuba se ha diseñado a través de un ciclo de talleres científico técnicos: “Fundamentos de la Micro-redes Eléctricas como Fuentes Renovables de Energía para Comunidades Aisladas”, abordando los diferentes temas objeto del proyecto: plantas híbridas de generación con energías renovables (fotovoltaica, eólica, biomasa), gasificación, diseño y operación de microrredes eléctricas, sostenibilidad de sistemas energéticos, eficiencia y ahorro de energía, sistemas de información geográfica y electrificación rural de comunidades aisladas, a cargo de profesores del CIEMAT y del CUBAENERGIA, y especialistas y profesores de otras organizaciones, entre ellas, la Empresa BORNAY y la Universidad de Las Tunas. El diseño de estos talleres se realizó en colaboración con la Universidad de la Habana.

Los talleres tenían un carácter técnico teórico-práctico y pretendían ser un espacio para el intercambio de experiencias y el debate. Además, perseguían conocer la realidad del estado actual de los proyectos que se están desarrollando en esta línea en el ámbito local y regional, y promover el intercambio de experiencias entre los agentes de decisión y responsables de la planificación energética y de la promoción de las energías renovables, así como consolidar las relaciones existentes entre los diferentes grupos interesados en la temática.

Estas acciones asimismo pretendían dar continuidad a la capacitación llevada a cabo durante la fase I del proyecto, Hybridus, fortaleciendo el tejido técnico profesional tanto a nivel local como sectorial y nacional, con la incorporación de soluciones innovadoras de generación de energía mediante sistemas híbridos y con fuentes renovables. Esta preparación de especialistas busca contribuir a impulsar proyectos de electrificación y abastecimiento energético en comunidades aisladas de Cuba.

3.2.1.1 PRIMER TALLER “ESTADO TECNOLÓGICO DE LAS FUENTES RENOVABLES. HIBRIDACIÓN DE SISTEMAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL. LA ENERGÍA DE LA BIOMASA Y LA EÓLICA”.

El primer taller se celebró entre el 25 y el 28 de febrero de 2020 (justo antes de la declaración del estado de alarma en España) en Playa Girón, Cuba, y contó con la participación de expertos del CIEMAT, de CUBAENERGÍA y de la empresa BORNAY, así como de profesionales y técnicos del sector eléctrico y de electrificación cubanos.

Este taller sobre el “Estado tecnológico de las fuentes renovables. Hibridación de sistemas para electrificación rural. La energía de la biomasa y la eólica”, tuvo como objetivo ubicar a los alumnos en el estado tecnológico y contexto nacional e internacional de las energías renovables, sus potencialidades reales por fuentes y tecnologías disponibles y la electrificación mediante la hibridación de sistemas. Asimismo, se abordó el diseño de sistemas híbridos basados en fuentes renovables para micro-redes.

El programa contó con una parte práctica para la realización del diseño y de la simulación necesaria para conocer la viabilidad técnico-económica de un proyecto híbrido o de una Microrred. Para ello se trabajó con un programa de uso libre, denominado HOMER Legacy, *Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*, que permite diseñar proyectos de energías renovables, orientados a sistemas híbridos. El programa facilita la simulación de sistemas con múltiples tecnologías de generación y almacenamiento de una forma sencilla. Asimismo, se realizó la visita técnica a la comunidad de Guasasa, localización donde se iba a instalar la microrred eléctrica alimentada por un sistema híbrido capaz de aprovechar los recursos autóctonos y de satisfacer la demanda energética de la población. El programa puede ser consultado en los anexos.

El taller tuvo 30 inscritos inicialmente, sin embargo, la situación de desabastecimiento en combustible del momento dificultó los desplazamientos de algunas personas impidiendo su asistencia, siendo 24 el número final de alumnos, a saber, 14 especialistas de la UNE, incluyendo a varios directores provinciales, 6 procedentes de Universidades y Centros de investigación y 4 profesionales de, CUBASOLAR. En las Figura 7 y Figura 8, podemos ver algunas de las imágenes de los participantes en el taller.



Figura 7. Participantes en el taller.



Figura 8. Visitas de campo a Guasasa.

Durante el taller se facilitó la documentación del curso a los participantes, y se hizo entrega de un certificado de aprovechamiento correspondiente a las 30 horas lectivas del taller expedido por la Unidad de Formación del CIEMAT. Figura 9.



Figura 9. Modelo de certificado.

Una vez finalizada, CUBAENERGÍA compartió el informe de la actividad, en el que se detalla el desarrollo del taller en cuanto a contenidos, cronograma y metodología. También aspectos de cuota de participación, entidades y aspectos logísticos (ver anexos)

Para conocer el grado de satisfacción y la valoración de la actividad por parte de los participantes, se realizó una encuesta de valoración de carácter anónimo. Del total de participantes únicamente un 40 % cumplieron la encuesta. Los resultados mostraron un alto grado de satisfacción general y el deseo de la continuidad del resto de talleres que completan el ciclo de capacitación. Asimismo, los participantes mostraron un notable interés por el contenido y las actividades de carácter práctico y aplicado (ver anexos).

3.2.1.2 SEGUNDO Y TERCER TALLER:

Un segundo taller “Diseño e implementación de sistemas híbridos. Medida del recurso solar y tecnología fotovoltaica. Sistemas de Información Geográfica”, abordaría la disponibilidad y medición del recurso solar, así como el estado actual de la energía solar fotovoltaica y el diseño de centrales fotovoltaicas para la electrificación rural. Se introduciría la energía minihidráulica y su potencial para la cogeneración de energía mediante sistemas híbridos. Se incorporarían los Sistemas de Información Geográfica para la planificación energética y la integración de energías renovables, con especial énfasis en los proyectos vinculados al análisis del potencial regional de los recursos renovables y a la electrificación rural con estas fuentes.

El tercer taller “Sostenibilidad y replicabilidad de sistemas híbridos para electrificación rural. Cogeneración eléctrica y térmica a partir de gasificación de biomasa”, abordaría las herramientas que contribuyen a la evaluación de la viabilidad técnico-económica y sostenibilidad de los sistemas energéticos diseñados. Se incorporarían aspectos clave para la evaluación del impacto social y ambiental y de la reducción de brechas de género, asociado a la ampliación del servicio eléctrico. Se estudiaría el proceso de gasificación de biomasa para la cogeneración eléctrica y térmica mediante sistemas híbridos. Y se introduciría la eficiencia energética en la electrificación rural de comunidades aisladas.

Como consecuencia de la Pandemia COVID-19, ambos talleres, previstos entre 2020 y 2021, debieron ser pospuestos con el objetivo de planificarlos en el momento en que las condiciones de la COVID19 permitieran su realización. Su realización finalmente no ha podido llevarse a cabo por no alcanzar las condiciones viables para ello dentro del período de vigencia del proyecto.

En los programas de dicho ciclo de talleres se contemplaron:

- Ponencias a cargo de los expertos del CIEMAT participantes en el Proyecto para la transferencia de las competencias científico-técnicas necesarias para el uso de los equipos y diseño de posibles mejoras en los sistemas híbridos de cogeneración de energía.
- Presentación de proyectos, experiencias y trabajos actualmente en desarrollo y en la misma línea en el ámbito local y regional por parte de los participantes expertos cubanos.
- Espacios para el debate, la valoración y las conclusiones, donde se comparten las ideas, experiencias, cuestiones y dudas, así como se valoran los resultados de la actividad y se exponen las consiguientes conclusiones.

3.2.1.3 PERFIL DE LOS DESTINATARIOS Y SELECCIÓN DE CANDIDATOS

El perfil de los participantes destinatarios de las acciones formativas ha estado determinado por las características del Proyecto e incluía profesionales técnicos del sector eléctrico y energético de las empresas distribuidoras y generadoras de energía, instituciones gubernamentales y administraciones públicas cubanas, con especial atención al personal de la Unión Nacional de Electricidad de Cuba (UNE), para fomentar su participación en el proceso de apropiación de la tecnología, contribuyendo a su sostenibilidad en el tiempo y a la replicabilidad de la experiencia a otras poblaciones. Académicos y público vinculado a la materia.

El Proyecto también pretende contribuir a la creación de una comunidad de conocimiento que permita articular de forma eficaz a los agentes implicados en la aplicación de la innovación, incluyendo instituciones públicas, privadas, actores y colectivos implicados en la producción de energías renovables, para lo cual se invitó a la participación y vinculación con Universidades, como la UNISS, Las Tunas y el INSTEC, Centros de Investigación, el Ministerio de MA (CIITMA), CUBAENERGÍA Y CUBASOLAR.

Tanto la difusión del taller como la selección de candidatos fueron llevadas a cabo por CUBAENERGÍA y en base a criterios de adecuación al perfil destinatario establecido en el marco del Proyecto, diversificación geográfica y equidad de género, principalmente.

3.3 ACCIONES DE DIFUSIÓN Y FORTALECIMIENTO DE LA COMUNIDAD DE CONOCIMIENTO HIBRI2. PORTAL WEB HIBRI2. RED DE BIOENERGÍA

La comunidad de Conocimiento está integrada por expertos y profesionales relacionados con el sector de la energías renovables y la sostenibilidad energética y ambiental, y su misión es fortalecer su articulación con agentes, instituciones y colectivos implicados a nivel nacional e internacional, apoyándose en las herramientas TIC de difusión iniciadas en la primera fase en que se creó un espacio abierto y participativo de trabajo y difusión de los resultados del proyecto a través del Portal Web [Hybridus](#) y que actualmente continúa con el Portal Web [HIBRI2](#).

Este portal tiene como objetivo informar y difundir las actividades, resultados e información relacionada con el proyecto. Además de las actividades llevadas a cabo en la etapa pre-pandemia de la COVID-19, recientemente, durante la etapa de confinamiento y la que ha seguido hasta la actualidad, se difundieron los videos de diferentes socios del proyecto que enviaban un mensaje de apoyo y solidaridad para todos los afectados por esta pandemia y asimismo transmitían su ánimo y continuidad de las labores de HIBRI2. Asimismo, se han difundido trabajos recientes de investigadores expertos que participan en el proyecto.

El apartado de Divulgación del portal, además de trabajos en las áreas del proyecto y relacionadas, se publican noticias sobre las actividades de difusión del proyecto. Cabe mencionar que, durante la segunda semana de la Cumbre del Clima, COP25, celebrada entre el 2 y el 13 de diciembre de 2019 en Madrid, y en la que participó CIEMAT, entre las actividades divulgativas de centro en el espacio

destinado a Innovación y Ciencia, se presentó un díptico informativo sobre HIBRI2 enfocado a la divulgación del proyecto a la sociedad civil pero también a la comunidad científica, a la académica y a la industria.

Actualmente también la [Red de Bioenergía Guamá](#) constituye un punto de difusión y networking, en tanto que reúne a la comunidad de conocimiento integrada por los socios y demás agentes relacionados con el proyecto y del sector energético tanto nacional como internacional, contribuyendo a la sostenibilidad de los resultados obtenidos tanto en la primera fase con Hybridus como en su continuación con HIBRI2, y a la preservación del conocimiento y capacidades generadas en los mismos. Con el objetivo de fomentar la actividad de la comunidad académica en torno a las disciplinas relacionadas con las Energías Renovables y para promover el desarrollo de una Comunidad de Conocimiento en entorno a la soluciones para la sostenibilidad energética de la Isla de Cuba, durante la primera fase del proyecto se constituyó la Red de Bioenergía, una red de investigadores y profesionales, coordinada por CUBASOLAR y formada inicialmente por los participantes de los talleres desarrollados y los expertos de las instituciones socias, CUBASOLAR, SODEPAZ Y CIEMAT. La Red pretende reunir a aquellos agentes públicos y privados relacionados en el fomento de las energías renovables, el desarrollo energético sostenible y científico tecnológico de Cuba, así como otros interesados en participar en el desarrollo de su actividad. La Red de Bioenergía es una comunidad incipiente y su objetivo es la promoción e intercambio de conocimiento y experiencias sobre el desarrollo de sistemas de energía que favorezcan la sostenibilidad, eficiencia ambiental y energética y el uso de las Fuentes Renovables de Energía.

Además, esta comunidad de reciente creación se considera un espacio idóneo para contribuir a la sostenibilidad del Proyecto en el tiempo a través de la realización de acciones que tengan como fin la continuidad y sostenibilidad de los resultados y aplicación de la tecnología procedente del proyecto y al desarrollo energético sostenible y científico tecnológico. Durante el presente proyecto se ha promovido el fortalecimiento y la sostenibilidad de estos espacios de intercambio y conocimiento mediante la incorporación de nuevos profesionales y expertos.

3.4 PASANTÍAS

Estancias de tres meses en CIEMAT para la formación de dos profesionales cubanos involucrados en el proyecto (Madrid, CIEMAT y Soria CEDER) tuvieron lugar entre octubre y diciembre de 2019. Los objetivos de las mismas fueron la participación y colaboración en los proyectos y líneas de investigación en línea con las temáticas del proyecto y, en este sentido, la capacitación a través del intercambio de conocimientos entre especialistas.

3.5 CURSO ONLINE DE PREPARACIÓN EN LAS TECNOLOGÍAS IMPLEMENTADAS.

Finalmente, se llevó a cabo una formación por parte de la empresa Bornay para capacitar a expertos participantes en el Proyecto, sobre la instalación de los equipos seleccionados. La formación abarcaba:

- Aerogeneradores: instalación, cableado y funcionalidades.
- Convertidores Victron Energy: productos, cableado, funcionalidades y configuración.
- Baterías Pylontech: conexionado y configuración.

Esta formación se realizó vía videoconferencia y contó con la asistencia de expertos de CUBAENERGIA, Bornay y CIEMAT.

4 SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA

Este resultado consiste, por un lado en la realización de un análisis de sostenibilidad en tres frentes: evaluación medioambiental, análisis socioeconómico (a partir de los costes de inversión y operación y mantenimiento del proyecto y la tabla *input-output* de Cuba) y evaluación del impacto socio-institucional y por otro, de un estudio de replicabilidad, basado en sistemas de información geográfica (SIG), que tenga en consideración las condiciones de otros emplazamientos similares detectados (disponibilidad y características de biomasa residual, disponibilidad del recurso solar y de las condiciones poblacionales).

4.1 ANÁLISIS DE IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Considerando el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N 7, Energía asequible y no contaminante, y partiendo de la premisa de que el acceso a la energía segura y continua, condiciona enormemente las posibilidades de desarrollo humano, social y económico [7]. Este resultado busca identificar los aspectos que garanticen la sostenibilidad del abastecimiento de la creciente demanda de energía. En otras palabras, este resultado busca satisfacer el problema vigente, relacionado con encontrar fuentes de energía que sean sostenibles y que permita el desarrollo de las sociedades actuales, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades.

En la actualidad se siguen buscando formas de reducir las emisiones de gases contaminantes y los impactos ambientales generados por la producción de energía eléctrica en ciudades. En este sentido, la evaluación de la sostenibilidad ambiental de los sistemas de generación de energía, se perfila como paso necesario para el desarrollo sostenible.

En este trabajo, dicho análisis se desarrolla a través de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). El ACV es una metodología que evalúa los impactos ambientales de un producto o servicio durante todas las etapas de su ciclo de vida desde la extracción de todos los recursos, pasando por las etapas de producción, distribución y uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización y eliminación de los residuos y desechos). A partir de datos técnicos y emisiones de las distintas actividades que tienen lugar en el ciclo de vida del proyecto y haciendo uso de bases de datos, se cuantificará el impacto ambiental. Finalmente se identificarán las etapas y procesos responsables de las mayores cargas ambientales y se evaluarán estrategias de reducción.

4.1.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV)

El análisis de ciclo de vida es una herramienta metodología que consiste en definir las entradas y salidas de un producto, proceso o sistema que consten de cargas ambientales para la posterior evaluación de los potenciales impactos ambientales y la interpretación de los resultados obtenidos de acuerdo con los objetivos definidos [8].

Según la norma UNE-EN ISO 14040, el ACV se define como “una herramienta para determinar todos los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales asociados a un producto a lo largo de su ciclo de vida” [8].

Para cualquier producto, proceso o sistema, su ACV comienza en la extracción de las materias primas necesarias para su producción, y termina con su reciclado o tratamiento de residuos como etapa de fin de vida. Entre estas dos etapas existen otras como la producción o fabricación de los materiales del producto o los materiales necesarios para el sistema, el transporte o distribución de todos los productos necesarios, y finalmente, antes del escenario de fin de vida, el uso que se le dé al producto o sistema (Figura 10).



Figura 10. Etapas del ciclo de vida de un producto

De acuerdo con las normas UNE-EN ISO 14040 [8] y UNE-EN ISO 14044 [9], hay que tener en cuenta cuatro etapas principales a la hora de realizar el análisis del ciclo de vida (Figura 11):

- **Objetivo y alcance**: El primer paso en el ACV consiste en definir cuáles son los objetivos del proyecto, es decir, que es lo que se quiere estudiar del producto o sistema, y el alcance del proyecto, es decir, hasta donde se quiere llegar y cuáles son los procesos que se quieren incluir en el ACV.
- **Inventario del Ciclo de Vida** (ICV). El inventario de un producto o sistema recoge toda la información en cuanto a las entradas y salidas que existen en el proceso. Por lo tanto, esta etapa incluirá todo los materiales, emisiones y energía necesaria para la fabricación, transporte, uso y disposición del producto o sistema.
- **Evaluación del impacto de ciclo de vida** (EICV): Esta etapa consiste en coger todos los datos del inventario y convertirlos en indicadores para cada una de las categorías de impactos ambientales. Entre los impactos más típicos se encuentran:
 - Cambio climático (*Climate Change*)
 - Destrucción de la capa de ozono (*Ozone Depletion*)
 - Acidificación (*Acidification*)

- Formación de ozono fotoquímico (*Photochemical ozone formation*)
 - Eutrofización (*Eutrophication*)
 - Toxicidad humana (*Human toxicity*)
 - Ecotoxicidad (*Ecotoxicity*)
 - Demanda Acumulada de Energía (ADE)
- *Interpretación de los resultados*: La última etapa del ACV consiste en llegar a una serie de conclusiones a partir de los resultados obtenidos en la anterior etapa, siempre dentro del objetivo y alcance definido en la primera etapa del ACV.

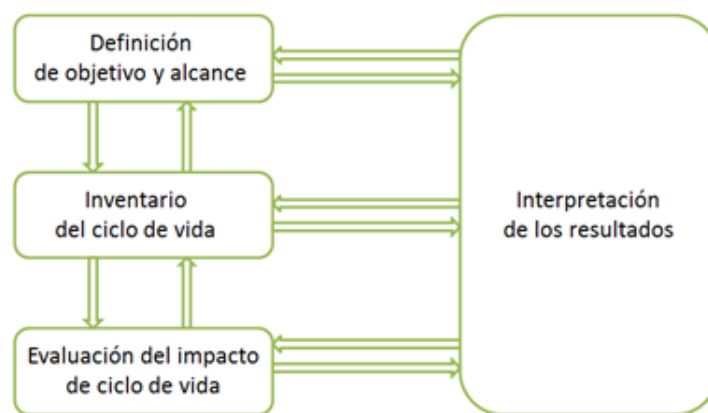


Figura 11. Relación entre las cuatro etapas de ACV

4.1.1.1 ETAPA 1: DEFINICIÓN DE OBJETIVO Y ALCANCE

El sistema analizado es una microrred eléctrica alimentada por un sistema híbrido de energías renovables capaz de aprovechar los recursos autóctonos (biomasa, viento y sol) y de satisfacer la demanda eléctrica de la población. Las fuentes consideradas en este proyecto son: diesel (fuente actual), biomasa, solar y eólica. Se analizaron las posibilidades de desarrollo de sistemas híbridos biomasa-solar para el abastecimiento de comunidades aisladas en Cuba.

El dimensionamiento de la red, basado en la capacidad de generación de la microrred está compuesta por:

- Grupo electrógeno diésel existente que mantiene el nivel de generación actual.
- Planta Fotovoltaica que entrega el cincuenta (50) por ciento de su generación directamente a la microrred y el otro cincuenta a almacenamiento. Su potencia eléctrica será de 40 kW.
- Planta de gasificación de biomasa de 10 kW de potencia. Por su novedad tecnológica se operará como una planta demostrativa durante solo 8 horas al día.

- Un aerogenerador de 3 kW. Cuenta con alternador trifásico de imanes permanentes de neodimio y con una tensión única de salida de 220 Vac.

Bajo estas condiciones se evalúa la generación de 545 kWh/día que es superior a la demanda total estimada de 437 kWh/día en un 25 %. Este análisis incluye el sistema actual y el sistema propuesto, así como el consumo de combustible en ambos casos.

4.1.1.2 ETAPA 2: ANÁLISIS DE INVENTARIO

Para el análisis de Inventario, se han recopilado los datos técnicos y ambientales de todas las actividades involucradas en las fases del ciclo de vida del proyecto. Como Software de ACV se ha utilizado SimaPro. SimaPro es una herramienta para el cálculo de impactos ambientales, sociales y económicos asociados a un producto o sistema a lo largo de todo su ciclo de vida [10]. Este software está dirigido a investigadores, departamentos de innovación y desarrollo, departamentos de medio ambiente, diseñadores y arquitectos. En este proyecto, SimaPro ha sido útil para montaje de la planta híbrida y la obtención de los impactos de dicho sistema

Item	Descripción	Cantidad
1	Módulo FV Sunrise SR-M660L - 320 W Mono PERC	70
2	Estructura sobre suelo 1 flia, módulos 60 cel, Aluminio, Sunfer Energy Structures, SS915-5P	14
3	Kit unión	13
4	Regulador SmartSolar MPPT 450/100	2
5	Inversor fotovoltaico SMA Sunny Boy SB5.0	2
6	Transformador	1
7	Aerogenerador Bornay Wind 25.3 +	1
8	Regulador MPPT Wind 25.3 +	1
9	Torre cuatripata autosoportada	1
10	Batería Pylontech US3000C 48V 3500 Ah	14
11	Rack 19' - 7 elementos	2
12	Quattro 48/10000/140-100/100 120V 60 Hz	3
13	Cerbo GX	1
14	Pantalla GX Touch 50	1
14	Sensor corriente / intensidad monitorización Gasificador / Aerogenerador	4
15	Estación metereológica (2x radiación, 2 x temperatura, 1 x anemometro, 1 x dirección)	1
16	Cable RJ 45 - 5 mts.	10
16	Cable tipo VE. Can Tipo A Pylontech / Cerbo 5 mts.	1

Tabla 5. Inventario del sistema propuesto HIBRI2

En lo referente a los datos necesarios para la realización de este trabajo, fue necesario recopilar y analizar datos provenientes de bases de datos ambientales y sociales, tales como Ecoinvent y la

Social Hotspot Data Base (SHDB) respectivamente. Además, se utilizaron estadísticas nacionales e informes técnicos de seguimiento de la evolución del proyecto. Los equipos considerados en el inventario, se muestran en la Tabla 5.

Finalmente, los límites del sistema comprenden todos los procesos relevantes desde la extracción, producción y fabricación de la materia prima, así como el transporte de los materiales hasta la ubicación de la planta.

4.1.1.3 ETAPA 3: EVALUACIÓN DEL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Una vez identificado y cuantificado el inventario del sistema, se evaluaron los impactos ambientales más significativos. Con base tanto en la relevancia de las categorías de impacto con respecto al sistema estudiado como en la disponibilidad de datos de inventario para permitir la caracterización. El análisis se limitó a los siguientes indicadores: Cambio Climático y Demanda Energética Acumulativa (CED). La Figura 12 presenta gráficamente los resultados obtenidos en la evaluación de esta categoría de impacto.

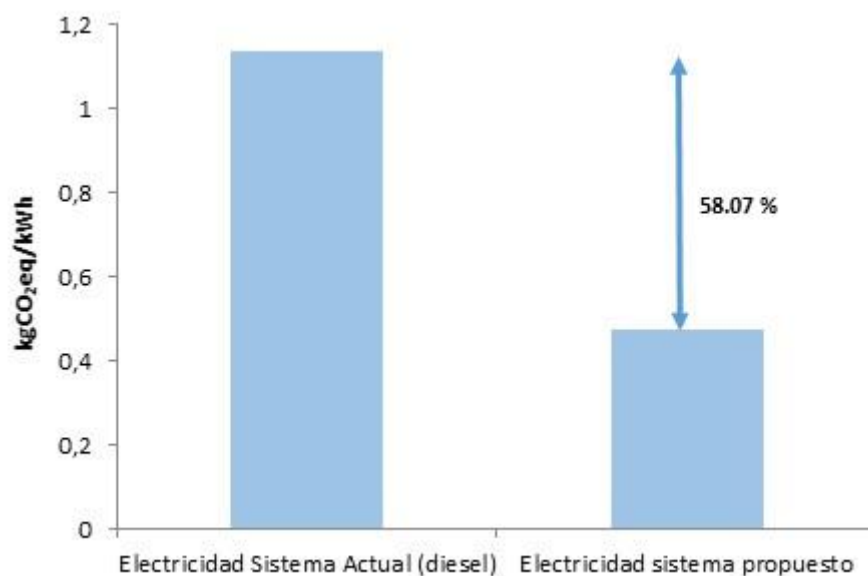


Figura 12. Cambio climático

En el caso de la categoría de cambio climático, se observa una reducción importante de emisiones de gases de efecto invernadero en el caso del sistema propuesto respecto del sistema actual. Alrededor de un sesenta por ciento (60 %) de reducción en las emisiones.

En el caso del sistema actual, es evidente el origen de dichas emisiones, pero en el caso propuesto, es interesante conocer dicho origen y de esa forma establecer posibles reducciones en el futuro. La Figura 13, presenta la contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero en el sistema propuesto.

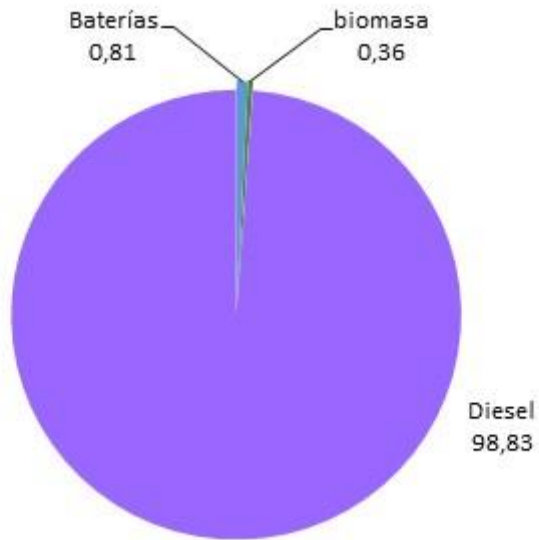


Figura 13. Contribución al Cambio climático por fuente de energía

En el caso de la categoría de impacto de la demanda acumulada de energía, se ha identificado también la fuente de dicha energía, sea esta renovable o no. La Figura 14 presenta la cuantificación de la energía total consumida en términos de energía equivalente por kWh, producido (MJeq(kWh), tanto en el sistema actual como en el propuesto.

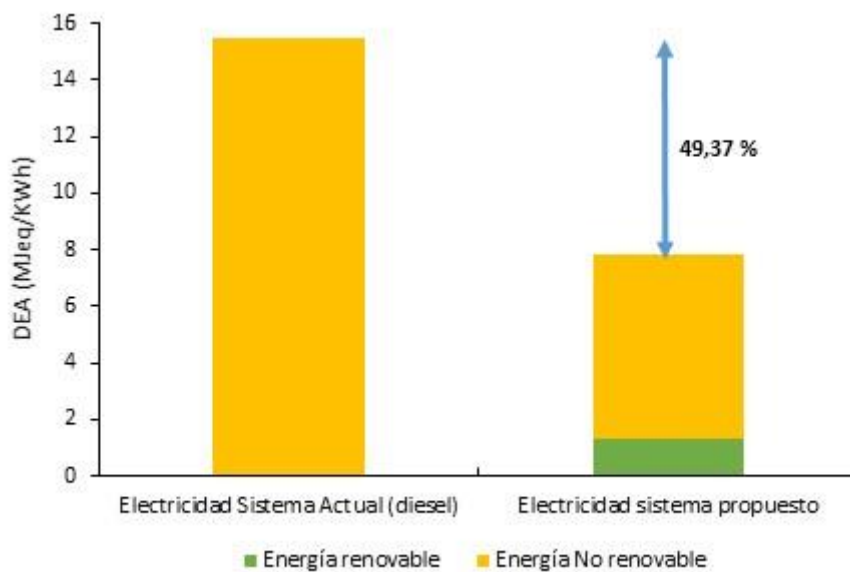


Figura 14. Demanda Acumulada de Energía

En el caso de la categoría de demanda acumulada de energía, se observa también una reducción importante de dicho impacto para el sistema propuesto respecto del sistema actual. Alrededor de un cincuenta por ciento de reducción (50 %) en el consumo de energía fósil.

4.2 ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL E INSTITUCIONAL DEL PROYECTO.

El análisis del impacto social e institucional del proyecto, requiere de la realización de un diagnóstico profundo de la estructura institucional del proyecto y del impacto de su desarrollo en los distintos actores relevantes [11].

El objetivo de esta es analizar la estructura institucional del proyecto a lo largo de las distintas fases que conforman su ciclo de vida. Para ello, es necesario identificar los distintos actores involucrados en cada fase, así como la relación existente entre ellos como consecuencia de la implementación del proyecto. Una de las metodologías para llevar a cabo este tipo de análisis es el **Análisis del Ciclo de Vida Social** (ACVS) [12].

4.2.1 ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SOCIAL (ACVS)

Los ACVS para el sector energético son aún muy limitados; sin embargo, a partir de la revisión de la literatura, se puede observar que donde más se ha aplicado esta metodología es al sector de los biocombustibles [12-18].

4.2.1.1 MARCO METODOLÓGICO PROPUESTO PARA LA EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA SOCIAL

Basado en el marco ACVS definido por PNUMA-SETAC, el ACVS propone algunas modificaciones que se muestran en la Figura 15.

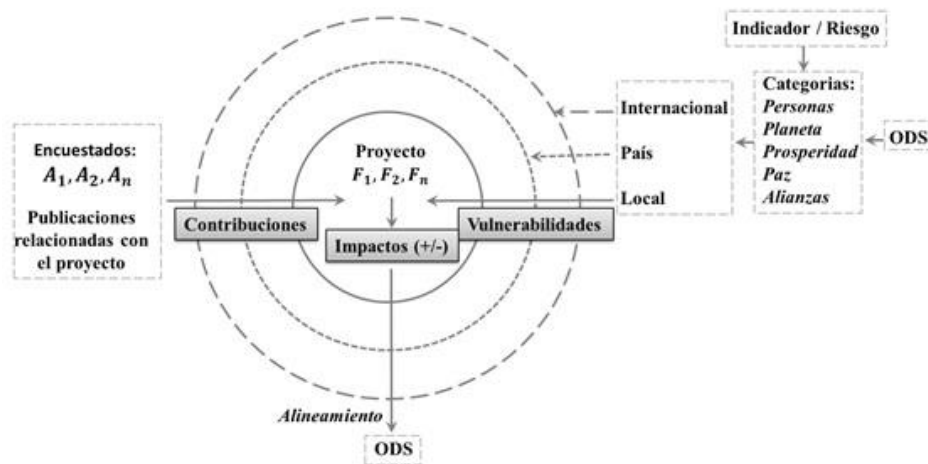


Figura 15. Enfoque integral del ACVS. Adaptado de [18].

Las cuatro etapas propuestas para este modelo se describen a continuación:

- la implementación del ACVS se estructura en seis pasos (Figura 16),
- los indicadores y riesgos sociales considerados en el análisis se agrupan en cinco categorías de impacto (personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas), que reflejan a los ODS;

- para cada indicador o riesgo considerado, se recopilan y analizan en tres niveles de datos (internacional, país y local) con el objetivo de hacer un diagnóstico de la situación inicial e identificar las vulnerabilidades de los actores en cada fase del ciclo de vida, y
- se utilizan datos de encuestas, publicaciones relacionadas con el proyecto y resultados del trabajo etnográfico de campo para identificar las contribuciones que genera el proyecto hacia las vulnerabilidades identificadas.

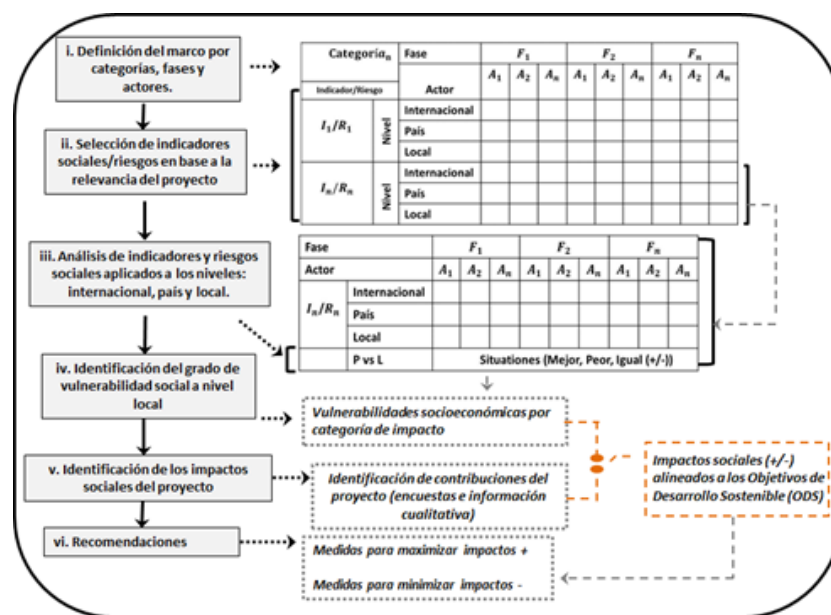


Figura 16. Esquema general de las etapas del ciclo de vida socio-institucional del Proyecto

Este esquema de trabajo se desarrolla de la siguiente manera:

- I. Definición del marco por categorías, fases y actores. Al igual que en el ACV convencional, el marco de análisis ACVS-MN se define por las diferentes fases que componen el ciclo de vida del producto, que están vinculadas al objetivo y alcance social del proyecto.
- II. Selección de indicadores y riesgos social en función de la relevancia del proyecto estudiado. Para cada categoría de impacto, se seleccionan indicadores/riesgos de acuerdo con los objetivos, alcance y naturaleza social del proyecto.
- III. Análisis de indicadores y riesgo social a nivel internacional, país y local. Este marco metodológico considera para los indicadores seleccionados y siempre que sea posible, los datos a nivel internacional, país y local.
- IV. Identificación de las vulnerabilidades sociales a nivel local. El ACVS permite una mejor comprensión de las vulnerabilidades dado que permite responder las preguntas relacionadas con el Índice de Desarrollo Humano (IDH), como ¿quién y por qué son vulnerables? y ¿cuáles son sus vulnerabilidades?

- V. Impactos sociales del proyecto. Una vez que se identifican las vulnerabilidades, el siguiente paso es identificar las contribuciones del proyecto.
- VI. Recomendaciones. Finalmente, una vez que se hayan identificado las contribuciones, vulnerabilidades e impactos sociales (positivos y negativos) del proyecto, se desarrolla un diagnóstico para identificar aquellas medidas que serían necesarias implementar para maximizar o minimizar los impactos relevantes con el fin de aumentar la sostenibilidad social y su contribución al logro de los ODS.

4.2.2 ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL PROYECTO EN LA ECONOMÍA CUBANA

A partir de un escenario de desarrollo de la tecnología a gran escala, que tenga en cuenta el recurso y necesidades energéticas del país, se analizó el impacto de dicho desarrollo en términos de generación de empleo y estimulación económica. El análisis input-output es una herramienta basada en el modelo clásico desarrollado por Leontief, que permite conocer en profundidad una economía al analizar la interdependencia entre sectores a través de la descripción de los flujos o transacciones económicas que tienen lugar en el proceso productivo. Gráficamente se muestra en la Figura 17.

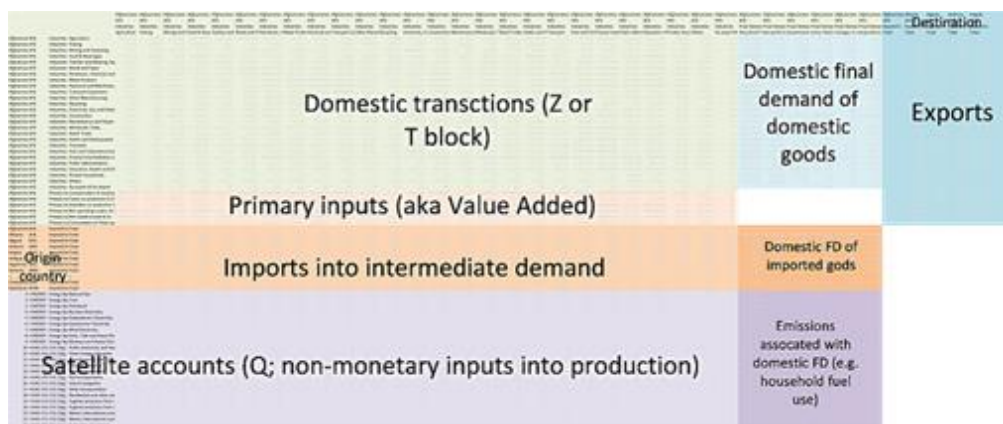


Figura 17. Flujos o transacciones económicas en un proceso productivo

A partir de datos de costes de inversión y operación y mantenimiento a lo largo de las distintas etapas del ciclo de vida del proyecto y la tabla Input-Output de Cuba, se estimará cuál sería el impacto en el empleo y la economía cubanos.

Teniendo en cuenta un escenario futuro de penetración a gran escala, los resultados permiten estimar los impactos directos, indirectos e inducidos en la generación de empleo e incremento en la producción de bienes y servicios en los distintos sectores económicos de la economía cubana.

4.2.2.1 LA TABLA INPUT-OUTPUT

La tabla input-output es una representación simplificada de la producción y utilización de los bienes y servicios de un país o región [19]. Es un instrumento de análisis económico y estadístico que

desagrega la producción en sus diferentes usos (tanto como insumo para otro sector como consumo final). Algunos aspectos relevantes:

- Las tablas input-output (TIO) como instrumento económico para describir las interrelaciones productivas
- Se nutren de la Contabilidad Nacional
- Tablas simétricas son las más usadas
- Cumple identidades contables
- Uno de los métodos más utilizados en economía
- Punto de partida de otros modelos
- Simplicidad del modelo
- Extensiones ambientales y sociales
- Analiza la estimulación directa e indirecta de los sectores económicos debida a un incremento en la demanda de bienes y servicios (ej. proyecto).

4.2.2.2 MODELO DE LEONTIEF

Dicho modelo se basa en una matriz que describe el total de necesidades de insumos directos e indirectos [20]. Es decir, identifica los requerimientos totales (directos e indirectos) y relaciona la producción de cada sector con la demanda final neta de importaciones, variable esta, considerada como exógena.

La demanda directa de bienes y servicios genera efectos indirectos en los sectores económicos que proveen los bienes y servicios demandados y estos a su vez generan otras demandas indirectas, tal como se aprecia en la Figura 18.

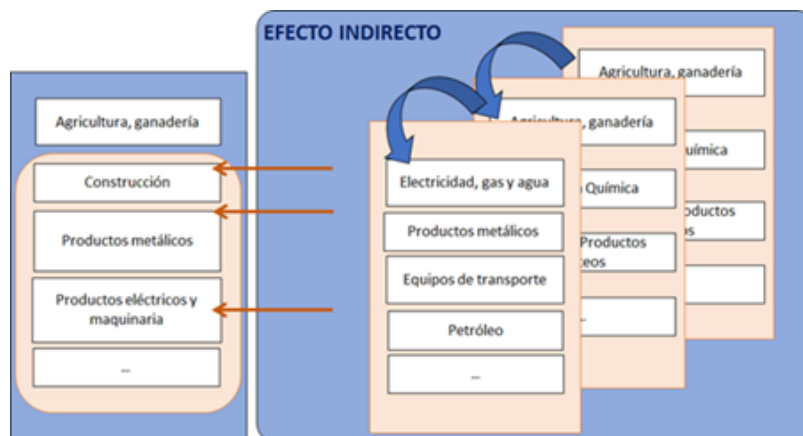


Figura 18. Representación esquemática del Modelo de Leontief

4.2.2.3 RESULTADOS:

A partir de la información suministrada por el Consorcio, relativa a datos de costes de las diferentes partes que componen la instalación eléctrica, y utilizando la metodología input-output en su formato multi-regional (base de datos de Eora), se ha llevado a cabo el análisis de indicadores socioeconómicos (generación de valor añadido y creación de empleo) del despliegue de la planta híbrida en la Guasasa. La metodología input-output permite analizar las interrelaciones productivas entre sectores y países que surgen como consecuencia de un aumento en la demanda final. Así, entendiendo las diferentes partes de la instalación (paneles solares, aerogeneradores, servicios de instalación, transporte de la biomasa) como bienes y servicios finales, pueden calcularse los impactos directos e indirectos, que surgen en las sucesivas rondas de producción hasta obtener estos bienes acabados. Una ventaja del formato multi-regional es que se considera el papel de regiones donde no se impulsan bienes y servicios de forma directa, pero sí indirectamente. En el caso del proyecto HIBRI2, la inversión inicial (los costes de inversión, incluido el generador diésel ya instalado, y una estimación de los flujos de costes de operación y mantenimiento, debidamente descontados a valores presentes) supone 336,264 USD. Cuba importa la práctica totalidad de los componentes necesarios, y destina un monto minúsculo al transporte de la biomasa. En este sentido, los países que más se benefician son Venezuela (asumimos que el diésel proviene de dicho país), seguido de China (generador, baterías y transformadores), India (gasificador biogás), Alemania (generador fotovoltaico) y España (turbina eólica) (Figura 19, primera barra).

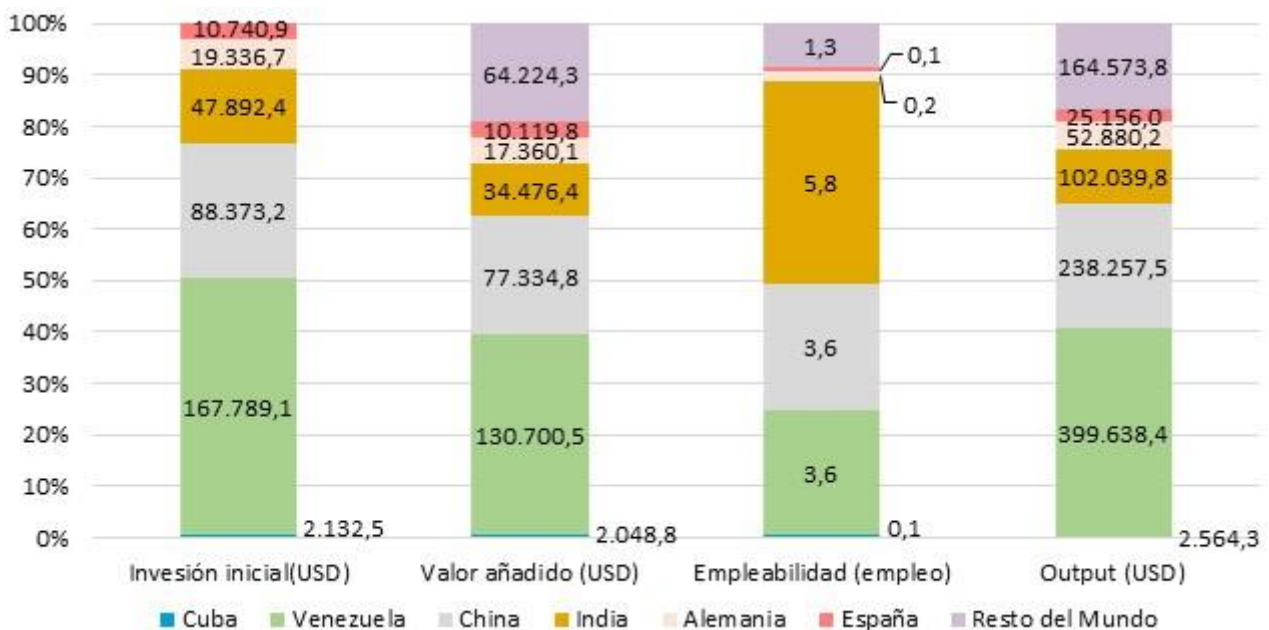


Figura 19. Impactos socioeconómicos del despliegue del proyecto HIBRI2.

Como anteriormente se ha explicado, la inversión inicial se realiza adquiriendo componentes que han pasado por un proceso de producción complejo hasta su finalización. Así, el valor añadido redistribuye la inversión inicial identificando el país de origen de los pagos al trabajo y el capital de cada uno de los bienes y servicios requeridos. Como ejemplo, las baterías procedentes de China pueden requerir de litio u otros materiales procedentes de la región “resto del mundo”, que tuvo

que emplear capital y trabajo para su extracción. El valor añadido que genera pues China no es la totalidad del precio de las baterías (a menos que todos los insumos directos e indirectos procediesen de dicho país). Por ello, en términos de valor añadido queda representado el concepto de cadenas globales de valor, y la importancia del comercio internacional de bienes intermedios procedentes del resto del mundo en la producción de bienes y servicios finales (Figura 19, segunda barra).

En términos de empleo, casi 15 puestos de trabajo se generarían directa e indirectamente en el proceso y durante el ciclo de vida de la planta híbrida. Estos datos son estimaciones sujetas a las limitaciones de la metodología input-output, pero sirven para dar una idea de los impactos en empleo. Como ejemplo, India parece uno de los mayores beneficiados, debido a su estructura productiva intensiva en empleo (Figura 20). El resto del mundo también genera 1,3 empleos pese a no haber estimulado directamente la demanda final en esta región. En conjunto, la práctica totalidad del empleo se genera fuera de Cuba. Indicadores de empleo como empleos/millón de USD o empleos/MW instalado están dentro del rango que ofrecen otros estudios similares en la literatura. En concreto, casi 44 empleos/millón USD y 102 empleos/MW. Recordar que estos datos incluyen los empleos indirectos. Por último, podemos ver que los impactos en la producción son remarcables: esta inversión ejerce un efecto multiplicador de 2,66 en la producción, lo que significa que una unidad monetaria invertida en el proyecto desencadena efectos 2,66 veces en la producción (que incluye los encadenamientos indirectos).

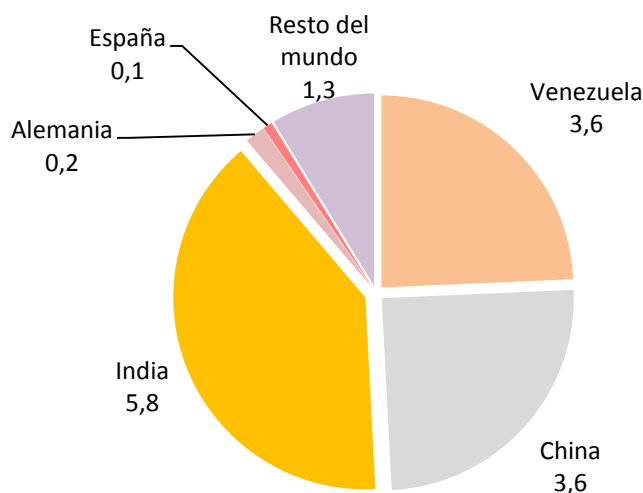


Figura 20. Empleo extranjero

Estimando el empleo en planta para la fase de operación y mantenimiento, se observa un incremento muy acusado de la creación de empleo en Cuba (Figura 21). Esto es debido a los bajos sueldos percibidos por los trabajadores en el país. Asumiendo unos costes laborales de en torno a 55,000 USD a lo largo de los 20 años de vida de la planta híbrida, el 88,7 % del empleo generado, sería dentro de Cuba. Esto aumenta los dos indicadores anteriormente expuestos de forma ostensible: 330 empleos/millón USD, y más de 900 empleos/MW. Estos datos están sujetos a incertidumbre, por lo que cabe la posibilidad de sobreestimación. No obstante, el mensaje clave sigue siendo el mismo: la generación de empleo en Cuba viene de la mano del empleo en planta.

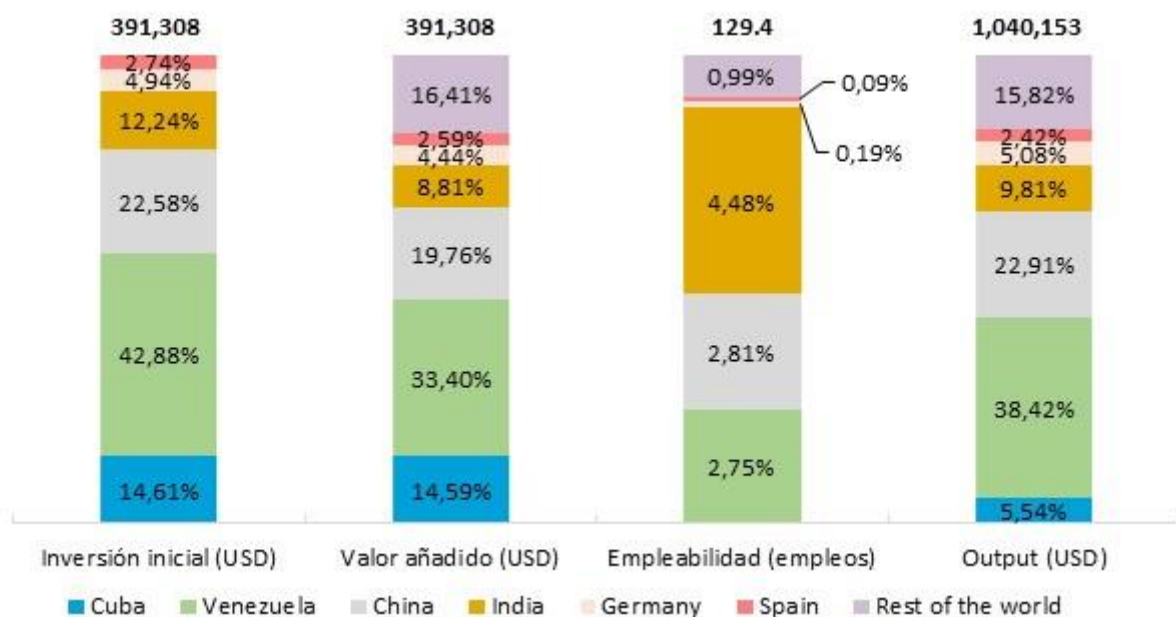


Figura 21. Impactos socioeconómicos del despliegue del proyecto (impactos en planta incluidos).

Región	Inversión inicial (USD)	Valor añadido (USD)	Empleo (Puestos)	Producción (USD)
Cuba	2.132,5	2.048,8	0,1	2.564,3
Venezuela	167.789,1	130.700,5	3,6	399.638,4
China	88.373,2	77.334,8	3,6	238.257,5
India	47.892,4	34.476,4	5,8	102.039,8
Alemania	19.336,7	17.360,1	0,2	52.880,2
España	10.740,9	10.119,8	0,1	25.156,0
Resto del mundo	0,0	64.224,3	1,3	164.573,8
Cuba	55.043,4	55.043,4	114,7	55.043,4
Total proyecto	391.308,1	391.308,0	129,4	1.040.153,3

Tabla 6 Indicadores socioeconómicos del despliegue del proyecto HIBRI2

Finalmente, la Tabla 6 resume al completo los resultados obtenidos. Como recomendaciones políticas, cabe plantearse acerca de las opciones de que Cuba se inserte en estas cadenas de valor. Los beneficios en términos de retención de valor añadido y creación de empleo serían mucho mayores si Cuba pudiese potenciar una industria doméstica en las manufacturas de energías renovables. Actualmente, la dependencia de componentes del exterior influye negativamente en su participación al crear crecimiento y empleo. No obstante, en cuanto a seguridad energética y consecución de objetivos hacia la descarbonización de la energía, éste es un ejemplo positivo para el país.

4.3 ALGUNAS CONCLUSIONES SOBRE LA SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO

Desde la perspectiva del análisis de sostenibilidad del proyecto, se han encontrado las siguientes conclusiones:

Los impactos ambientales han sido evaluados mediante Análisis de Ciclo de Vida (LCA). Para los impactos socioeconómicos, se utilizó un análisis Input-Output Multirregional (MRIO) para estimar la producción de bienes y servicios, el valor agregado y la creación de empleo.

Los beneficios ambientales de la hibridación de tecnologías solares y de biomasa también se han investigado en la literatura. [21] evaluaron el efecto de las emisiones de CO₂ al hibridar estas tecnologías y encontraron una reducción de alrededor del 31 % en las emisiones de CO₂. [22] también encontraron beneficios importantes en términos de reducción de CO₂ en comparación con configuraciones alternativas. Sin embargo, la evaluación completa de la sostenibilidad de esta tecnología es escasa en la literatura.

En cuanto a los resultados, el sistema propuesto muestra una reducción sustancial de las emisiones de gases de efecto invernadero para la generación de electricidad en comparación con el sistema actual pasando de 1,14 a 0,47 kg CO₂eq/kWh. Lo que implica una reducción anual de 133 toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera. El componente más importante en términos de emisiones sigue siendo el componente fósil, debido a la combustión de diésel.

Los resultados socioeconómicos muestran impactos importantes para la creación de empleo, fuera y al interior de Cuba, provenientes esencialmente de la fase de operación y mantenimiento. El efecto multiplicador de la inversión directa para la producción de bienes y servicios asciende de 2,66. Los beneficios en términos de retención de valor añadido y creación de empleo serían mucho mayores si Cuba pudiese potenciar una industria doméstica en las manufacturas de energías renovables.

Para mejorar la sostenibilidad social e institucional del proyecto analizado y explotar todo su potencial, es importante considerar el fortalecimiento del capital social en la región de estudio.

En lo referente a los datos necesarios para la realización de este proyecto, es necesario desarrollar trabajo de campo e implementar encuestas a los distintos actores de la población involucrada. Adicionalmente, será necesario recopilar y analizar datos provenientes de bases de datos ambientales y sociales, tales como Ecoinvent y la Social Hotspot Data Base (SHDB) respectivamente. Además de utilizar estadísticas nacionales e informes técnicos de seguimiento de la evolución del proyecto.

4.4 REPLICABILIDAD ESPACIAL Y TECNOLÓGICA

Uno de los objetivos del proyecto es conseguir que la innovación propuesta pueda ser replicada en otros lugares. Para ello, un conocimiento en profundidad del territorio cubano es necesario [23,24].

El desarrollo de esta actividad se realiza con sistemas de información geográfica (SIG), y tiene en consideración las condiciones de otros emplazamientos similares (apoyándose en la Fase I del proyecto). El estudio se amplía a otras zonas y cuenta con la colaboración de la Universidad de las

Tunas para su desarrollo. Toma igualmente en consideración las características tecnológicas de la microred como determinantes de su replicabilidad (Figura 22).

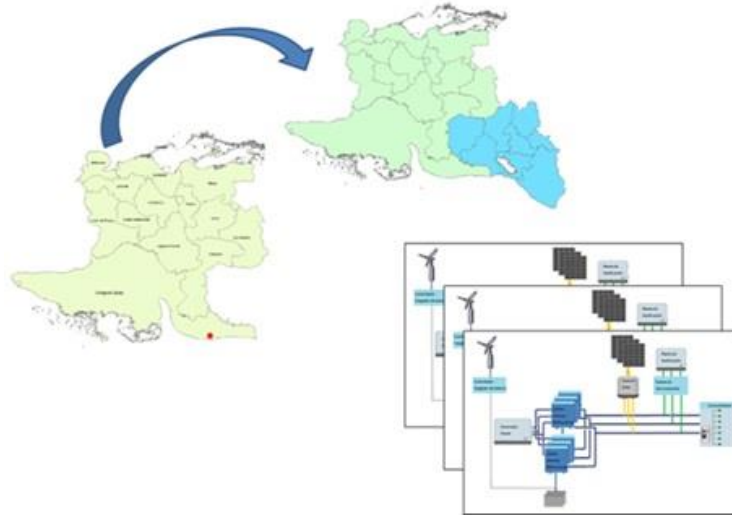


Figura 22. Representación esquemática de la replicabilidad espacial y tecnológica

En [5] se aborda este tema con mayor detalle pudiendo verse tanto el Mapa solar de la provincia de Matanzas como el planteamiento de detalle para la comunidad de Guasasa. En un futuro próximo aparecerán sendas publicaciones donde se recogen estos aspectos.

5 CONCLUSION

Con este informe hemos querido contribuir a la divulgación de las microredes híbridas poniendo en valor toda la problemática asociada al desarrollo de un proyecto de Cooperación en circunstancias a menudo adversas.

Los resultados alcanzados, en estas condiciones, avalan plenamente la apuesta inicial por estas tecnologías como una contribución para el desarrollo sostenible.

6 BIBLIOGRAFIA

- [1] Domínguez et al. (2017). Cogeneración de energía, eléctrica y térmica, mediante un sistema híbrido biomasa-solar para explotaciones agropecuarias en la isla de Cuba. Madrid: CIEMAT. ISBN: 978-84-7834-780-3.
- [2] SODEPAZ (2013): Proyecto: Aprovechamiento de la biomasa de marabú y otras especies energéticas como combustible en la generación de electricidad y recuperación ambiental en Camagüey. DCI-ENV/2010/247-290.
- [3] Bellini C. (2020) A GIS-Based Approach for Rural Electrification and Solar Resource Assessment: The Case Study of a Community in Cuba, Laurea Magistrale in Ingegneria Energetica. Italy: Università degli Studi di Padova.
- [4] Caballero, L. (2019). Estudio de la introducción de sistemas basados en energías renovables en Guasasa (Cuba). MSc Thesis. Renewable Energy and Environment Master.
- [5] Arribas, L.; Bitenc, N; and Benech, A. Taking into consideration the inclusion of wind generation in hybrid diesel microgrids: a methodology and a case study. *Energies* 2021, 14(14), 4082; <https://doi.org/10.3390/en14144082>
- [6] Ankur. (2019). Biomass gasifier model WGB-40 datasheet.
- [7] Naciones Unidas (2018) La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL, Publicación de las Naciones Unidas. Available at: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf.
- [8] AENOR (2006a) SO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework, ISO.
- [9] AENOR (2006b) UNE-ISO 14044:2006. Gestión ambiental Análisis del ciclo de vida. Requisitos y directrices.
- [10] Goedkoop, M. et al. (2016) Introduction to LCA with SimaPro. Available at: <https://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf> .
- [11] Muñoz Mayorga, M. et al. (2018) Environmental Assessment of Electricity Based on Straight Jatropha Oil on Floreana Island, Ecuador, *Bioenergy Research*, 11(1), pp. 123–138. doi: 10.1007/s12155-017-9883-y.
- [12] Blom, M. and Solmar, C. (2009) How to Socially Assess Biofuels - A Case Study of the UNEP/SETAC Code of Practice for social- economical LCA, Quality and Environmental Management.

- [13] GBEP (2011) Indicadores de Sostenibilidad para la Bioenergía de la Asociación Global para la Energía. 1st Edition, FAO, Rome, Italy, 223p.
- [14] Elbehri, Aziz; Segerstedt, Anna; Liu, P. (2013) Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks.
- [15] Macombe, C. et al. (2013) Social life cycle assessment of biodiesel production at three levels: A literature review and development needs, *Journal of Cleaner Production*, 52, pp. 205–216. doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.026.
- [16] Manik, Y., Leahy, J. and Halog, A. (2013) Social life cycle assessment of palm oil biodiesel: A case study in Jambi Province of Indonesia, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18(7), pp. 1386–1392. doi: 10.1007/s11367-013-0581-5.
- [17] Ekener-Petersen, E., Höglund, J. and Finnveden, G. (2014) Screening potential social impacts of fossil fuels and biofuels for vehicles, *Energy Policy*, 73, pp. 416–426. doi: 10.1016/j.enpol.2014.05.034.
- [18] Muñoz, M. et al. (2018) Social life cycle assessment through the framework Multi-Level Social Life Cycle Assessment (ML-SLCA) of the bioelectricity generation in Floreana Island Marilyn, in *FruiTrop Thema* (ed.) 6th Social LCA Conference. Pescara: l'Observatoire des Marchés du CIRAD, pp. 171–176. Available at: <http://www.fruitrop.com/media/Publications/FruiTrop-Thema/Social-LCA-volume-4-6th-SocSem> .
- [19] Banacloche, S., Herrera, I. and Lechón, Y. (2020) Towards energy transition in Tunisia: Sustainability assessment of a hybrid concentrated solar power and biomass plant, *Science of The Total Environment*, p. 140729. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140729>.
- [20] Herrera, I. et al. (2020) Sustainability assessment of a novel micro solar thermal/ Biomass heat and power plant in Morocco, *Journal of Industrial Ecology*. doi: 10.1111/jiec.13026.
- [21] Anvari, S., Khalilarya, S. and Zare, V. (2019) Power generation enhancement in a biomass-based combined cycle using solar energy: Thermodynamic and environmental analysis, *Applied Thermal Engineering*, 153, pp. 128–141. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.02.112.
- [22] Wang, J. and Yang, Y. (2016) Energy, exergy and environmental analysis of a hybrid combined cooling heating and power system utilizing biomass and solar energy, *Energy Conversion and Management*, 124, pp. 566–577. doi: 10.1016/j.enconman.2016.07.059.
- [23] Domínguez, J.; Rodríguez Gámez, M.; Pinedo, I. (2009). Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica en el Ordenamiento Territorial y la Planeación de las Fuentes Renovables de Energía en el Municipio de Guamá (Cuba). CIEMAT Technical Report.1182. Depósito Legal: M -14226-1995, ISSN: 1135 – 9420, NIPO: 471-09-059-2

- [24] Rodríguez M, Domínguez J, Prados MJ, Vázquez A. (2011) Estudio de Potencial Energético Renovable en la Isla de Cuba. XXII Congreso de Geógrafos Españoles - AGE; 2011 26-27/10/2011; Alicante: Colegio de Geógrafos Españoles; 2011. p. 11.

ANEXOS

ANEXO I: PRIMER TALLER: “ESTADO TECNOLÓGICO DE LAS FUENTES RENOVABLES. HIBRIDACIÓN DE SISTEMAS PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL. LA ENERGÍA DE LA BIOMASA Y LA EÓLICA.” CICLO DE TALLERES HIBRI2

Martes 25 de febrero

Introducción al Itinerario formativo: Presentación del proyecto, instituciones participantes y talleres de capacitación

8.00 Bienvenida y presentación de autoridades y participantes

8.10 Proyecto HIBRI2. Luis Arribas. Unidad de Energía Eólica, CIEMAT

8.30 Presentación del CIEMAT. Lara de Diego. Unidad de Formación, CIEMAT

8.45 Presentación de CUBAENERGÍA. Alfredo Curbelo, Grupo Energía Renovables y Eficiencia Energética, CUBAENERGÍA

9.00 Presentación y actividades de CUBASOLAR. Otto Escalona, CUBASOLAR

9.15 Trayectoria y estrategia de SODEPAZ en Cuba. Braulio Freyre, SODEPAZ

9.30 Presentación y actividades de BORNAY. Juan Bornay, BORNAY

9.45 Presentación Diplomado y Cátedra UNESCO “Medio Ambiente y Desarrollo” de la Universidad de la Habana. Bárbara Garea, InSTEC-UH

10.00 Café

10.30 Parte 1. Estado actual de las energías renovables.

10.30 Energías Renovables: presentación de la situación internacional. Miguel Fernández, Unidad de Biomasa, CEDER-CIEMAT

11.15 Contexto Nacional de las energías renovables. Papel de electrificación con fuentes renovables de energía en el enfrentamiento al cambio climático y para el desarrollo sostenible. Alfredo Curbelo/ Bárbara Garea

12.30 Debate sobre el contexto local y capacidad para transferir tecnologías para la electrificación rural. Luis Arribas/ Miguel Fernández/ Alfredo Curbelo/ Bárbara Garea

13.00 Almuerzo

14.00 Parte 2. Diseño de Sistemas Híbridos de fuentes renovables para micro-redes para electrificación rural

14.00 Diseño de sistemas híbridos: Metodología de diseño, elaboración de línea base del consumo y presentación del ejercicio. Luis Arribas/ Ariel Rodríguez

16.00 Diseño de sistemas híbridos: Evaluación de los recursos renovables. Alfredo Curbelo
17.00 Cierre de la jornada

Miércoles 26 de febrero

8.00 Parte 2. Diseño de Sistemas Híbridos de fuentes renovables para micro-redes para electrificación rural (continuación)

Diseño de sistemas híbridos: Descripción de la tecnología minieólica. Juan Bornay

9.00 Diseño de sistemas híbridos: Descripción de la tecnología FV y almacenamiento. Ariel Rodríguez

10.00 Café

10.15 Diseño de sistemas híbridos: Caso práctico- HOMER, demanda, recursos, FV y miniéolica. Luis Arribas

11.00 Diseño de sistemas híbridos: Descripción de las demás tecnologías involucradas: configuraciones. Luis Arribas/ Alfredo Curbelo

13.00 Almuerzo

14.00 Diseño de sistemas híbridos: Caso práctico-tecnologías, configuraciones. Luis Arribas

15.30 Diseño de sistemas híbridos: Implementación. Juan Bornay

16.30 Debate sobre el contexto local y capacidad para implementar Sistemas Híbridos de fuentes renovables para micro-redes para electrificación rural. Luis Arribas/Juan Bornay/Alfredo Curbelo/Ariel Rodríguez

17.30 Cierre de la jornada

Jueves 27 de febrero

8.00 Parte 3. Caracterización de la Biomasa como recurso energético. Aplicaciones energéticas de la biomasa

Aprovechamiento de la Biomasa como recurso energético: Aplicaciones energéticas de la biomasa. Problemas asociados a la composición. Normativa internacional. Miguel Fernández/ Alfredo Curbelo

9.00 Aprovechamiento de la Biomasa como recurso energético: Calidad de la biomasa. Muestreo y preparación de la muestra. Miguel Fernández

10.00 Café

10.30 Aprovechamiento de la Biomasa como recurso energético: Análisis mecánico y físico. Análisis químico. Miguel Fernández

12.30 Debate sobre el contexto local y disponibilidad de biomasa como recurso energético. Miguel Fernandez /Alfredo Curbelo

13.00 Almuerzo

14.00 Parte 4. Casos Prácticos reales. Selección y diseño de casos reales de implementación de sistemas híbridos con FRE

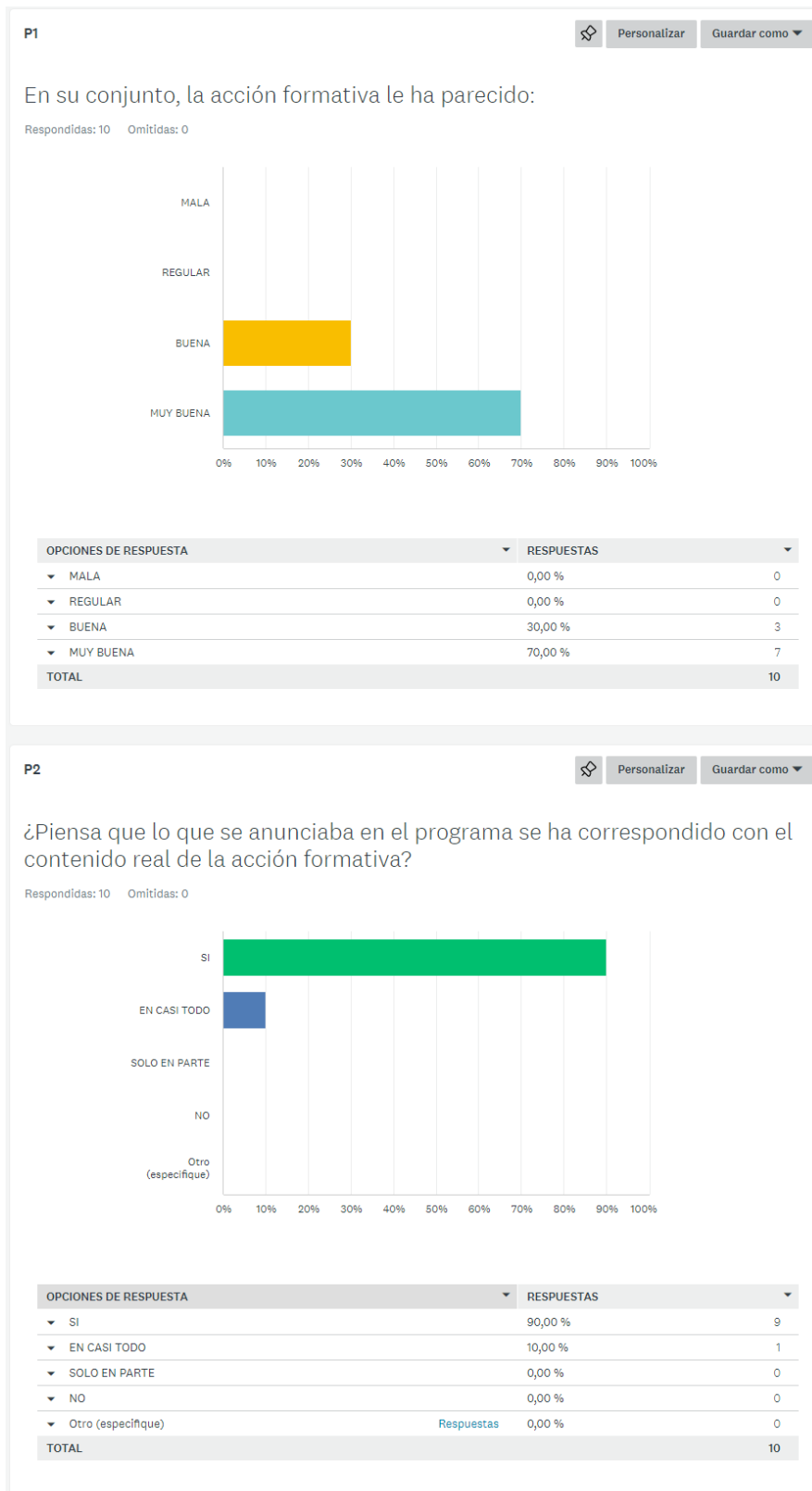
Situación de la electrificación rural en su territorio: Análisis y discusión sobre acceso a la electricidad de las comunidades aisladas. Luis Arribas/Juan Bornay/ Alfredo Curbelo/ Ariel Rodríguez/ Miguel Fernández/ Bárbara Garea / Lara de Diego

17.00 Cierre de la jornada

Viernes 28 de febrero

Visita de campo a la comunidad Guasasa.

ANEXO II: RESULTADOS DE LA ENCUESTA DE VALORACIÓN



Anexo II: Resultados encuestas primer taller

P3

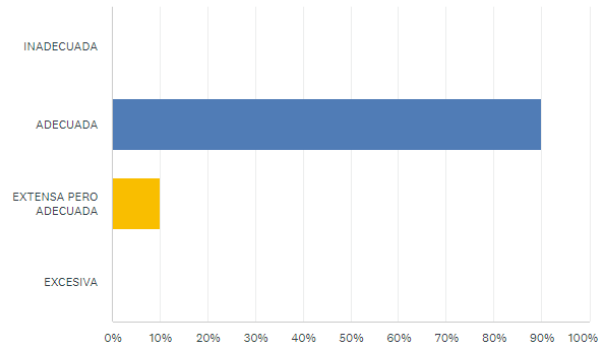


Personalizar

Guardar como ▼

La documentación que se le ha facilitado la considera:

Respondidas: 10 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
INADECUADA	0,00 % 0
ADECUADA	90,00 % 9
EXTENSA PERO ADECUADA	10,00 % 1
EXCESIVA	0,00 % 0
TOTAL	10

P4

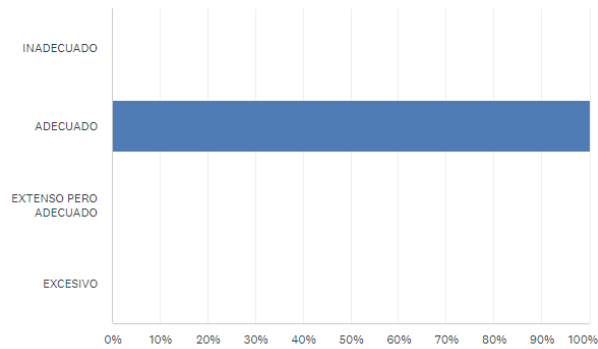


Personalizar

Guardar como ▼

El contenido le ha parecido:

Respondidas: 10 Omitidas: 0



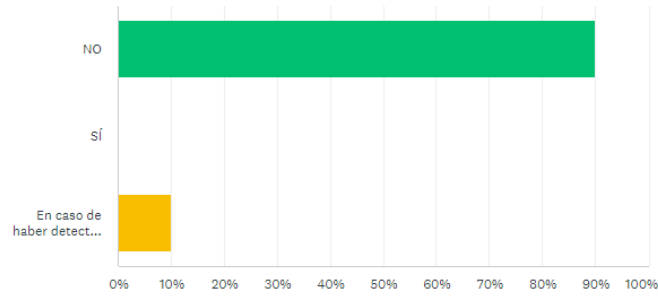
OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
INADECUADO	0,00 % 0
ADECUADO	100,00 % 10
EXTENSO PERO ADECUADO	0,00 % 0
EXCESIVO	0,00 % 0
TOTAL	10

P5

Personalizar Guardar como

¿Ha detectado lagunas o carencias en el programa?

Respondidas: 10 Omitidas: 0



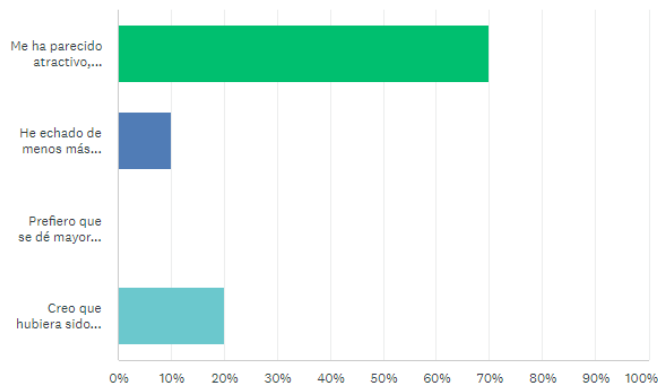
OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
NO	90,00 % 9
Sí	0,00 % 0
En caso de haber detectado carencias, ¿le importaría comentarnos cuáles? ¿Qué añadiría?	Respuestas 10,00 % 1
TOTAL	10

P6

Personalizar Guardar como

Hacer un curso con carácter práctico y aplicado en este ámbito:

Respondidas: 10 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
Me ha parecido atractivo, original y/o interesante, creo que es preferible a los cursos con sólo contenido teórico	70,00 % 7
He echado de menos más contenidos teóricos básicos para entender mejor los procedimientos aplicados	10,00 % 1
Prefero que se dé mayor peso a los contenidos teóricos que a los aplicados/prácticos en este curso	0,00 % 0
Creo que hubiera sido preferible más prácticas o prácticas de mayor duración	20,00 % 2
TOTAL	10

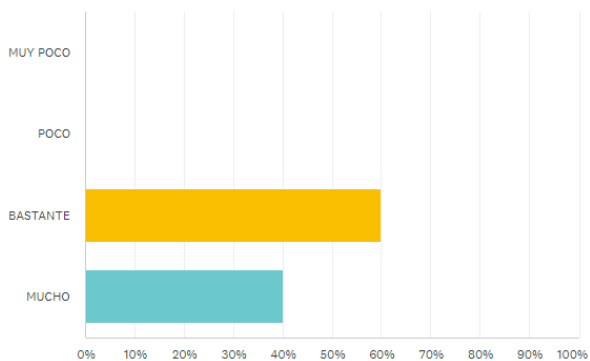
Comentarios (0)

P7

Personalizar Guardar como

En general, ¿está Ud. satisfecho de la aportación del curso a sus conocimientos sobre los contenidos del programa?

Respondidas: 10 Omitidas: 0



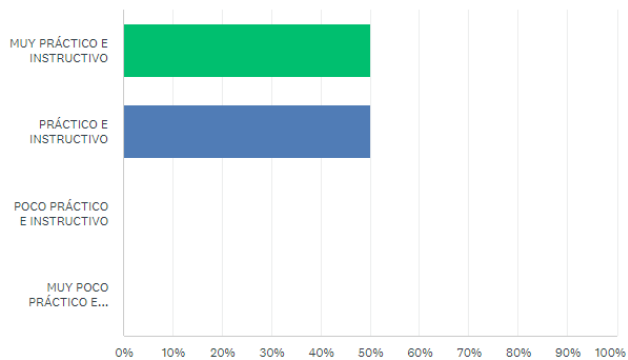
OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
MUY POCO	0,00 % 0
POCO	0,00 % 0
BASTANTE	60,00 % 6
MUCHO	40,00 % 4
TOTAL	10

P8

Personalizar Guardar como

Qué valoración le merece la preparación de casos de estudio concretos:

Respondidas: 10 Omitidas: 0



OPCIONES DE RESPUESTA	RESPUESTAS
MUY PRÁCTICO E INSTRUCTIVO	50,00 % 5
PRÁCTICO E INSTRUCTIVO	50,00 % 5
POCO PRÁCTICO E INSTRUCTIVO	0,00 % 0
MUY POCO PRÁCTICO E INSTRUCTIVO	0,00 % 0
TOTAL	10

Comentarios (0)

Otros comentarios:

Respondidas: 10 Omitidas: 0

RESPUESTAS (10) NUBE DE PALABRAS ETIQUETAS (0)



 Filtrar: **por etiqueta** ▼

 Buscar respuestas  

Mostrando 10 respuestas

Nos sería de gran utilidad la continuación del curso

13/06/2020 22:53 [Ver las respuestas de los encuestados](#) [Agregar etiquetas](#) ▼

En mi criterio muy personal considero que este primer taller cumplió en su totalidad con los objetivos trazados para el mismo.

11/03/2020 19:48 [Ver las respuestas de los encuestados](#) [Agregar etiquetas](#) ▼

Me parece muy interesante y provechoso, pero me gustaría un poco más práctico.

11/03/2020 15:56 [Ver las respuestas de los encuestados](#) [Agregar etiquetas](#) ▼

Resaltar el clima de intercambio generado entre los profesores y los estudiantes, que propició el debate y el entendimiento.

10/03/2020 21:52 [Ver las respuestas de los encuestados](#) [Agregar etiquetas](#) ▼

ANEXO III: INFORME DEL PRIMER TALLER

ALCANCE

Los temas que mayor interés despertaron fueron los relacionados con el uso del HOMER y el diseño de sistemas híbridos.

Tuvo plena aceptación la idea de que se presente al final del diplomado un trabajo sobre microrredes.

Se identificaron prácticamente para todos los participantes los casos de estudio y se constituyeron los equipos de trabajo. Entre los casos más interesantes se encuentran:

Comunidad conectada a la red, pero con servicio eléctrico deficiente situada en zona con buen potencial de viento.

Comunidad con minihidroeléctrica, pero que brinda un servicio eléctrico deficiente.

Comunidad de gran importancia para el desarrollo socioeconómico del municipio ubicado en zona de potencial de biomasa que tiene tres redes aisladas con grupos diésel.

Los participantes insistieron en la necesidad de que los temas que se desarrollen tengan un carácter práctico y aplicado.

Se realizó la visita programada a la comunidad de Guasasa cumpliéndose los objetivos de la misma

Durante el taller se aprovechó para realizar durante un día el diagnóstico de género de la comunidad Guasasa

PARTICIPANTES

De las 30 personas previstas a participar como alumnos, asistieron un total de 24 personas con la siguiente composición:

- UNE: 14 especialistas, incluyendo a varios directores provinciales.
- Universidades y Centros de investigación: 6
- CUBASOLAR: 4.

De los planificados no pudieron participar 5 especialistas de la UNE, dos por problemas de transporte, dos por problemas de trabajo y uno por problemas personales. Además de uno de CUBASOLAR por dificultades de trasportación.

LOGÍSTICA

La logística funcionó de manera adecuada y no se produjeron sucesos significativos.

Lo más importantes fue que la transportación contratada con origen en la ciudad de Guantánamo no se pudo iniciar desde la misma, por problemas de combustible de última hora. Por este motivo no pudieron participar tres personas una de Guantánamo y otras dos de Santiago de Cuba.

El costo de este taller sobrepasó lo estimado por lo que se impone reducir los costos de los próximos dos para lo cual se han identificado opciones.

