

ANEXO I. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE DEFINICIÓN DE CASOS.

A. Suministro eléctrico en Taba (Etiopía)

Recursos energéticos disponibles

i. Recurso solar:

Si bien se seleccionaron los datos de irradiación estimados a partir de las horas diarias de sol, se podría realizar un análisis de sensibilidad para establecer que ocurriría si la radiación cambiase y se seleccionasen los datos obtenidos de la web de la NASA. No obstante, los perfiles de irradiación son muy similares.

En cuanto al resto de datos de entrada al programa en el caso de la irradiación, se puede comentar: se le da al programa la opción de optimizar la inclinación de los paneles; no se consideran obstáculos que sombrean los paneles, ya que se piensa en un sistema localizado en una amplia solar sin vegetación ni otros obstáculos; se considera un sistema fijo, sin seguimiento solar (que incluiría mayor dificultad en el mantenimiento); la reflectividad del suelo se considera 0.2 (la que da el software por defecto); y por último el método de obtención de irradiación horaria es el recomendado por Dufo-López, R. [25]. Cabe mencionar un detalle particular, y es que, aunque al optimizar la inclinación en iHOGA se selecciona 0º para optimizar el mes con una relación consumo-demanda peor, finalmente se escoge una inclinación de 10º, ya que al ser un sistema fijo, una inclinación de 0º no permitiría una limpieza más sencilla de los paneles, por ejemplo, cuando llueve. Puede verse la diferencia de irradiación en un día estándar, para inclinación 0º e inclinación 10º, en la Figura 16.

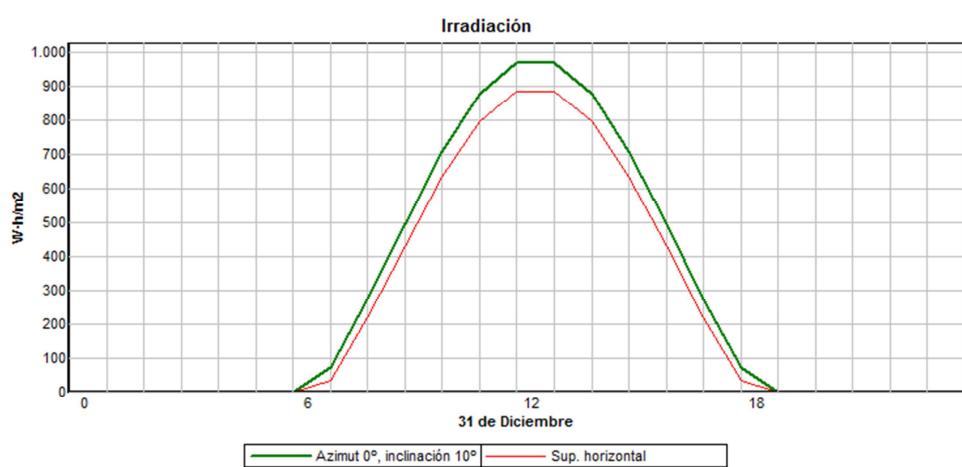


FIGURA 16. IRRADIACIÓN SOLAR HORIZONTAL Y A 10º EN TABA

ii. Recurso eólico:

Los datos de viento seleccionados son de velocidades de viento a 10 m de altura, y será necesario hallar las velocidades a la altura del buje y así para extrapolar los datos de la velocidad del viento se utiliza la Ecuación 4 [8]:

$$v(z) \cdot \ln\left(\frac{z_r}{z_0}\right) = v(z_r) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$$

Donde:

Z_r : Altura de referencia (m);

Z : Altura a la que se quiere estimar la velocidad del viento (m);

Z_0 : Rugosidad del terreno, parámetro en m que depende de la naturaleza del terreno ;

$V(z)$: Velocidad del viento a la altura z (m/s);

$V(z_r)$: Velocidad del viento a la altura z_r (m/s).

En este trabajo se selecciona una rugosidad del terreno, Z_0 , de 0.1, que equivale a terrenos completamente abiertos y lisos, como hormigón, césped cortado o, en este caso, tierras de cultivo [8].

A partir de los parámetros definidos en la Memoria del presente trabajo, $k = 2$ y $f_c = 0.9$, se halla un perfil horario de viento, mediante la obtención de una función de probabilidad de viento (Figura 17).

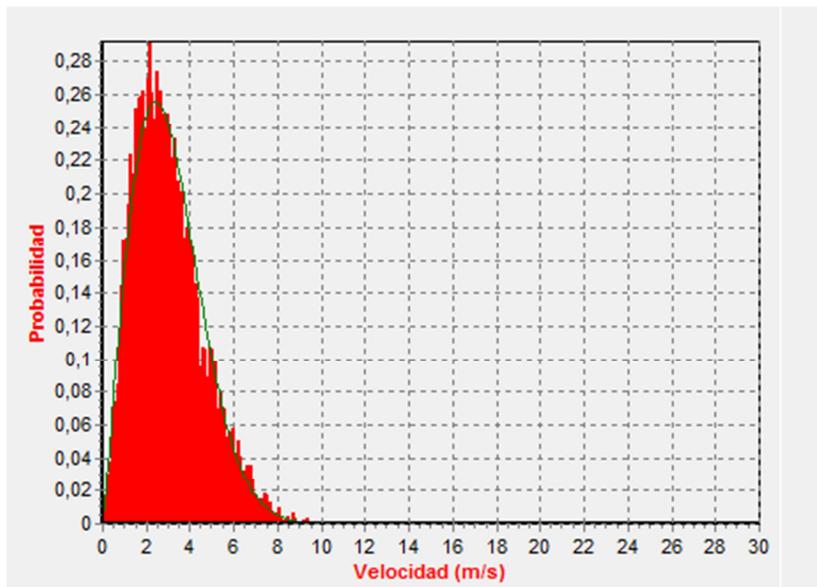


FIGURA 17. FUNCIÓN DE PROBABILIDAD DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN TABA.

iii. Recurso hídrico:

Se establece un salto de 62 m, como se explicó en la Memoria, si bien es necesario introducir en iHOGA algunos datos más sobre el recurso y sus características, así como parámetros generales de las microcentrales hidroeléctricas.

Son importantes tanto las pérdidas en el remanso, cámara de presión y desague, como las pérdidas por las conducciones. Las primeras se estiman en una pérdida de carga de 6 m, mientras las segundas se quedan en un valor predefinido de 4%. Además se puede fijar un rendimiento turbina-generador, que tan sólo vale para hacer un cálculo de la potencia máxima extraíble del recurso, ya que los datos que se utilizarán serán los de la turbina hidráulica escogida [25].

Para finalizar, se recogen en la Tabla 18 los datos principales sobre los recursos renovables disponibles y aprovechables para el presente caso de estudio.

TABLA 18. RESUMEN DE RECURSOS RENOVABLES EN TABA.

Mes	N (horas de sol)	H-calculado (kWh/m ² /día)	H-NASA (kWh/m ² /día)	Velocidad NASA a 10 m (m/s)	Caudal de agua río (l/s)
Enero	9,9	6,2	6,15	3,4	61
Febrero	10,1	6,59	6,49	3,4	39
Marzo	8,4	6,26	6,57	3,2	71
Abril	8	6,09	6,48	3	196
Mayo	8,1	5,91	6,35	3	114
Junio	7,3	5,4	5,8	3,4	426
Julio	5,8	4,75	5,24	3,5	6100
Agosto	4,9	4,64	5,26	2,9	7666
Septiembre	7,9	5,83	5,87	2,5	1652
Octubre	9,1	6,25	6,28	2,5	1426
Noviembre	9,5	6,08	6,11	2,9	243
Diciembre	9,7	5,96	6	3,2	183
Media		5,83	6,05	3,1	1536

Estudio del consumo

La demanda eléctrica para nuestro sistema, el de Taba, se basa en el perfil mostrado en la Memoria, y modificado para observar un descenso de consumo en algunos meses (Figura 18 y Figura 19).

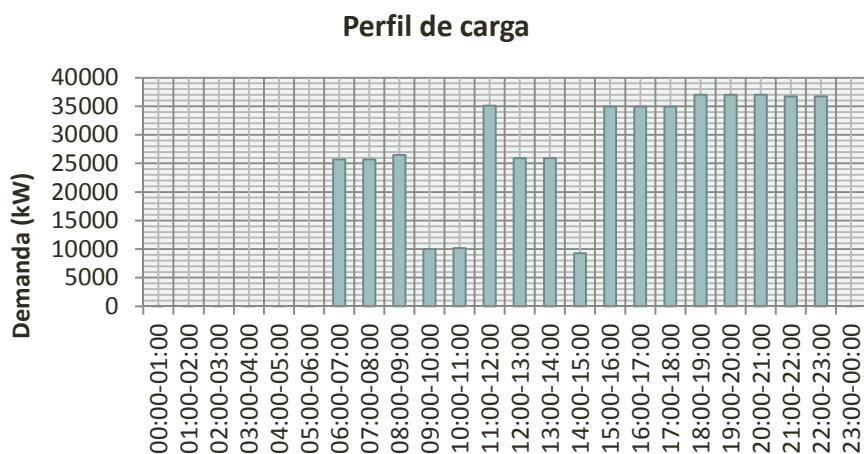


FIGURA 18. PERFIL DE CARGA JUNIO Y SEPTIEMBRE (TABA)

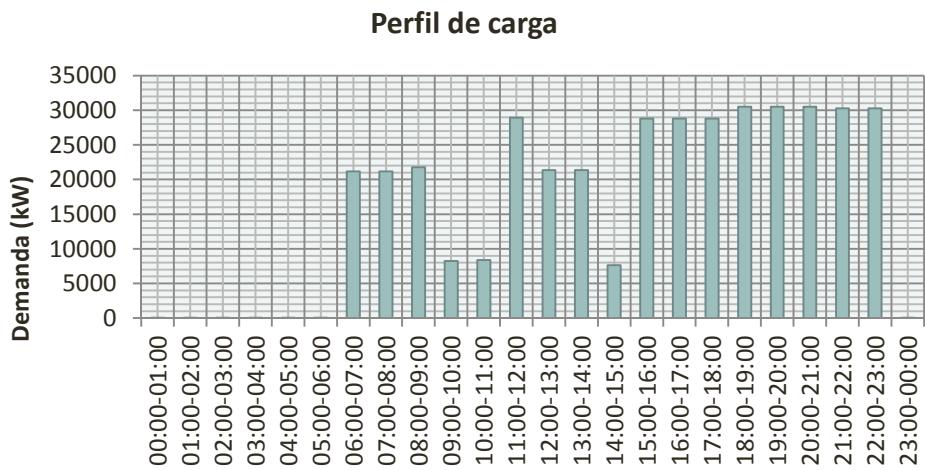


FIGURA 19. PERfil de CARGA DE JULIO Y AGOSTO (TABA).

Los detalles sobre los diferentes consumos, obtenidos a raíz de la información de Bekele y Tadesse [8], se muestran en la Tabla 19.

TABLA 19. DETALLE DE CARGAS DE COMUNIDAD EN DEJEN.

N	Carga	No. En uso	Potencia (W)	Horario básico				
				Horas/día	Wh/día			
A Cargas de escuela primaria								
8 clases								
1	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	32	11	3	1056			
2	Radio	8	5	3	120			
Exterior								
3	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	4	11	3	132			
Total								
No. de escuelas								
25								
32700								
B Cargas centro médico								
3 Habitaciones								
1	Ventilador de techo	3	75	4	900			
2	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	3	11	14	462			
Exterior								
3	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	1	20	14	280			
Otros								
4	Frigorífico vacunas	1	80	24	1920			
5	Microscopio	1	20	9	180			
6	Radio	1	5	9	45			
Total								
3787								
No. de centros médicos								
25								
94675								
C Cargas de hogares								
1	Horno	1	3000	0	750			
2	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	4	11	5	220			

3	Radio	1	5	5	25
4	TV	1	70	5	350
	Total				1345
	No. de hogares	10500			1412250 0
D	Cargas comunidad				
1	Molino de grano	25	12500	7	2187500
	Total				2187500
TOTAL (kWh/día)		16 437,38	Consumo Taba (El 3,45% del consumo total)		567,09

En fines de semana, los molinos no estarán en funcionamiento y aunque en [8] las clases en la escuela pasan a darse en horario matinal, para simplificar en la entrada de datos, en este trabajo no se tendrá en cuenta dicho cambio, ya que los consumos de las viviendas se trasladan también en parte al horario de tarde. Para los fines de semana, por tanto, se toman como datos de consumo los mismos que entre semana, ya que no existe la posibilidad de generar perfiles diferenciados sino es definiendo los datos horarios para todo un año, ya que aunque el programa nos permite escalar el consumo definido para los fines de semana, como el consumo productivo solo se produce a ciertas horas del día, realizar un escalado nos haría obtener un perfil diferente al real. Este exceso de energía se puede considerar como motor de desarrollo, ya que incrementa la potencia total disponible permitiendo una mayor producción y por tanto un más rápido desarrollo.

Tecnologías aplicables

Con el fin de facilitar la optimización, a la hora de introducir los datos de los paneles fotovoltaicos se crea un conjunto de paneles Is-150, a través de la conexión de 10 de ellos en serie, quedando los resultados que se muestran en la Tabla 20.

TABLA 20. DATOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA TABA.

Nombre	Tensión nominal (V)	Int. Cortocircuito (A)	Pot. Nominal (W)	Coste de adquisición (€)	Coste O & M unitario (€/año)	Vida esperada (años)	TONC (°C)	Coef. Ta (%/°C)	Emisiones CO ₂ fabricación y reciclaje (kgCO ₂ eq/kWp)
10 paneles Is-150	24	48.6	1500	2900	32	25	46	-0.45	1392

El valor de emisiones de CO₂ se extrajo de Dufo-López y Bernal-Agustín [18].

Otros datos interesantes son la estimación de 200 €/año de costes fijos de mantenimiento, considerar que el regulador realice el seguimiento de máxima potencia e incluir el efecto de la temperatura, para lo cual se introducen los valores medios mensuales dados por la web de la NASA, y por último un factor de seguridad de 1.2 por defecto.

Con el mismo fin de facilitar la optimización, se restringe la elección de aerogeneradores a uno sólo, facilitando diversos aerogeneradores posibles con potencias crecientes, como se muestra en la Tabla 21.

TABLA 21. DATOS SOBRE AEROGENERADORES PARA TABA.

Nombre	Coste (€)	Coste de reemplazamiento (€)	Coste de O & M (€/año) (W)	Vida (años)	Altura (m)	Emisiones CO ₂ fabricación y reciclaje (kgCO ₂ eq/kWp)
Hummer: HWP-10	14000	9500	280	20	16	4000
Hummer: HWP-20	22000	17000	440	20	16	8000
Hummer: HWP-30	34000	26000	680	20	18	12000
Hummer: HWP-50	59000	48000	1180	20	22	20000

Como ejemplo, se muestra en la Figura 20 la curva de potencia de uno de los aerogeneradores, en concreto del aerogenerador HWP-10.

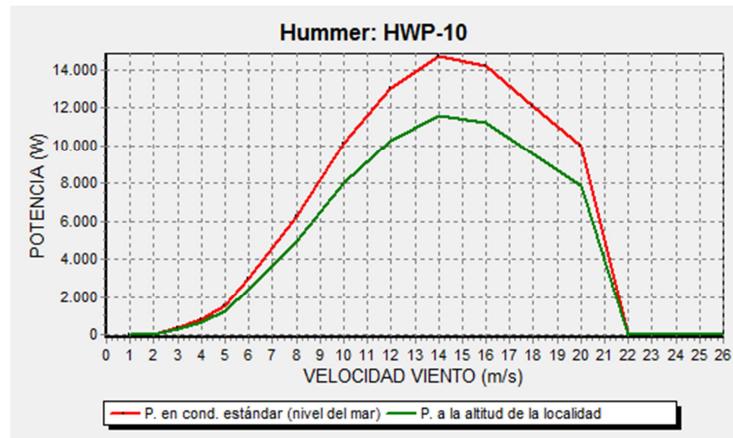


FIGURA 20. CURVA DE POTENCIA DEL AEROGENERADOR HWP-10

El valor de emisiones de CO₂ se estimó a través de la información de Dufo-López y Bernal-Agustín [18], donde se analiza el caso de una turbina de 400 W, y a partir de la cual se concluye que se estiman las emisiones de CO₂ de 510 kgCO₂eq/kW más unas emisiones de la torre de 35 kgCO₂eq/m de altura. Se calculan las emisiones del aerogenerador HWP-10 como el 70% de las que serían para el caso de pequeñas turbinas, obteniéndose el valor total de 4000 kgCO₂eq/kW. A partir de ese valor, se hace proporcional el valor para el resto de aerogeneradores.

Para estimar los datos de la turbina hidráulica, se parte de la información de una turbina de 20 kW y se calculan los datos en proporción, tal como se muestran en la tabla.

Nombre	Tipo	Pot. Nominal (kW)	Q máx (l/s)	Salto mínimo (m)	Salto máximo (m)	Coste(€)	Vida (años)	Emisiones CO ₂ (gCO ₂ eq/kWh generado)	Coste O & M (€/año)
Hidro-30kW	AC	30	54	50	80	2700	30	5	1800

El valor de las emisiones de CO₂ es un valor muy pequeño y se establece por defecto, sin tener mayor importancia en los cálculos. Se establece un rendimiento del multiplicador de 98 % y de generador de 90%, valores por defecto de la tecnología. El coste de generador eléctrico y equipos auxiliares se estima de 500 €/kW.

La curva de rendimiento de la turbina seleccionada se muestra en la Figura 21.

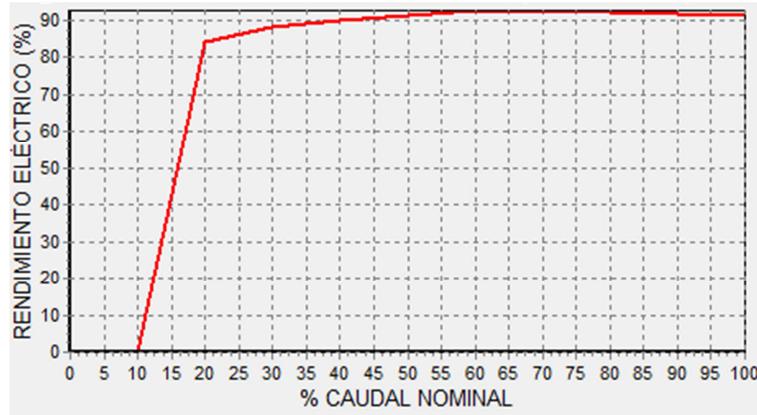


FIGURA 21. CURVA DE RENDIMIENTO DE TURBINA HIDRÁULICA.

La batería escogida es el modelo OPZS-Hoppecke:1500, cuyas características se muestran en la Tabla 22. Otros datos importantes de entrada son: la temperatura media mensual, a partir de los datos de la NASA; un coste fijo de mantenimiento de 200 €/año y una duración en ciclos de vida descrita por la figura.

TABLA 22. DATOS DE LAS BATERÍAS PARA TABA.

Nombre	C.nom (Ah)	Vn (V)	I max (A)	Pot. Nominal (W)	Coste de adquisición (€)	Coste O & M unitario (€/año)	Vida flotación a 20º (años)	SOC min(%)	Efic global (%)	Coef. Autodescarga (%/mes)	Emisiones en fabricación (kgCO ₂ eq/kWh)
OPZS-Hoppecke:1500	1610	2	322	1500	582	5.82	20	20	85	3	55.3

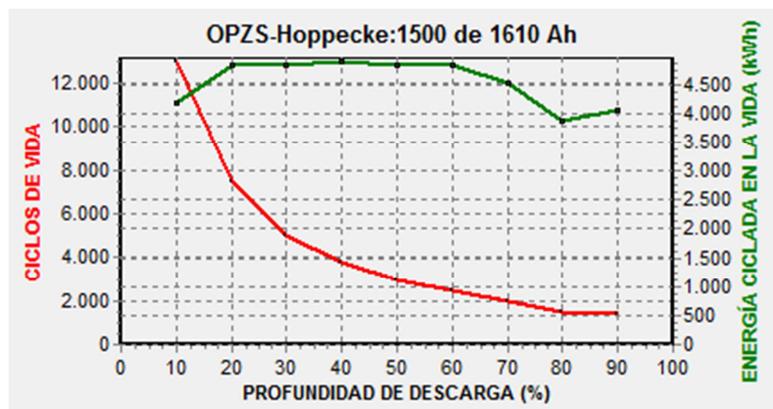


FIGURA 22. DATOS DE CICLOS DE VIDA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDA DE DESCARGA.

En cuanto al inversor, se escoge un conjunto definido en iHOGA de 50kVA, y cuyos detalles se muestran en la Tabla 23. Se muestra la curva de eficiencia del generador en la Figura 23.

TABLA 23. DATOS INVERSOR PARA TABA

Nombre	Potencia (VA)	VDCmin (V)	VDC max (V)	Cargador	Vida (años)	I _{max_cargDC(A)}	Efic carg (%)	Reg PV
Conjunto 50k	50000	300	420	OK	10	50	98	MPPT

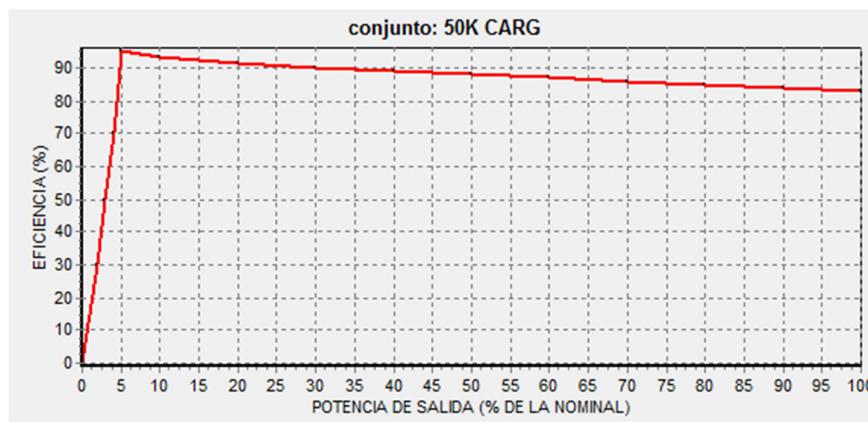


FIGURA 23. CURVA DE EFICIENCIA DEL INVERSOR PARA TABA.

Por último, el generador diésel seleccionado tiene las características que se resumen en la tabla.

TABLA 24. DATOS DEL GENERADOR DIÉSEL PARA TABA.

Nombre	Pot. Nominal (kVA)	P _{minima} (% de P _n)	Inflación comb. Anual (%)	Precio comb (€/l)	Coste(€)	Vida (hrs)	Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ /l)	Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ eq/kVA)	Coste O & M (€/h)
Gen diésel 20 kVA	20	54	5	0.624	7300	10000	3.5	215	0.32

La curva de consumo de combustible del generador se puede ver en la Figura 24.

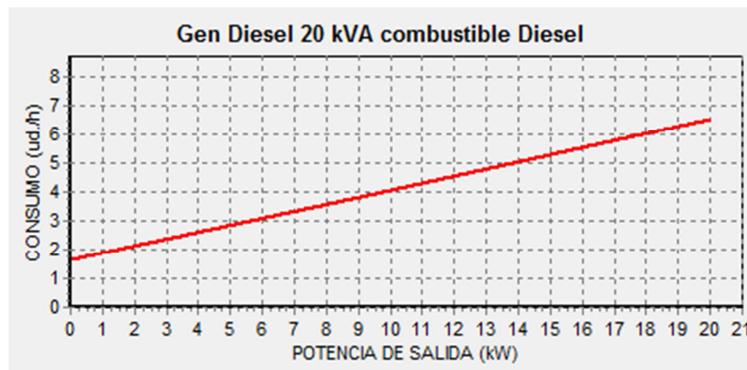


FIGURA 24. CURVA DE CONSUMO DE DIÉSEL DEL GENERADOR.

Otros datos de entrada a iHOGA

Se resumen en la tabla.

TABLA 25. OTROS DATOS DE ENTRADA A IHOGA (TABA)

Tensión DC	312 V	Máxima energía no servida (mono-objetivo)	1%	Interés del mercado	4%	Período de tiempo	25 años
Tensión AC	230 V	Tipo de estrategia de control	Probar seguimiento de demanda y carga cíclica.	Inflación general	2%	Cableado, instalación y costes variables.	3000 € fijos + 2 % sobre el coste inicial
Préstamo	80 % de la inversión	Interés del préstamo	7%	Duración del préstamo	10 años		

B. Suministro eléctrico en Palari (India)

Recursos energéticos disponibles

i. Recurso solar:

En este caso, debido a la falta de información de estaciones cercanas sobre el recurso solar en Palari, se estima el perfil horario de irradiación anual a partir de los valores medios mensuales extraídos de la web de la NASA.

En cuanto al resto de datos de entrada al programa en el caso de la irradiación, se tiene: Al optimizar la inclinación de los paneles a través de iHOGA nos encontramos de nuevo con la selección de un ángulo de 0º a priori, que convertimos en un ángulo de 10º por las mismas razones que en el caso anterior; no se consideran obstáculos que sombrean los paneles, el sistema se localiza en una gran explanada sin edificios ni vegetación alrededor; se considera un sistema fijo, sin seguimiento solar (que incluiría mayor dificultad en el mantenimiento); la reflectividad del suelo se considera 0.2 (la que da el software por defecto); y por último el método de obtención de radiación horaria es el recomendado por Dufo-López, R. [25].

ii. Recurso eólico:

Los datos de viento seleccionados son de velocidades de viento a 10 m de altura, y para hallar las velocidades a la altura del buje se extrapolan los datos de la velocidad del viento utilizando de nuevo la Ecuación 4.

Se selecciona también en este caso una rugosidad del terreno, Z_0 , de 0.1, que equivale a terrenos completamente abiertos y lisos, como hormigón o césped cortado, ideal para la idea de una explanada desbrozada adecuadamente. Además, con los parámetros definidos para la distribución de Weibull, $k = 2$ y $f_c = 0.85$, y los valores medios mensuales de velocidad del viento se halla un perfil horario de viento, mediante la obtención de una función de probabilidad de viento (Figura 25).

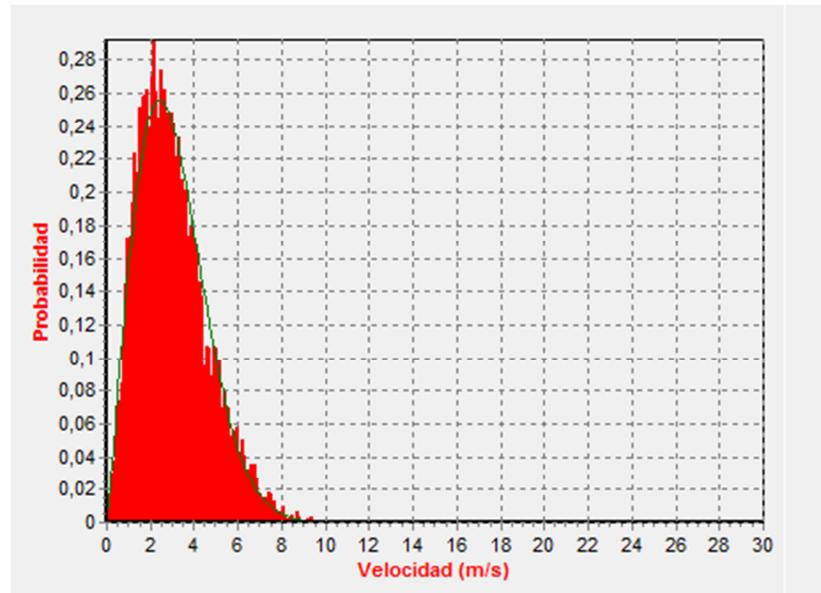


FIGURA 25. FUNCIÓN DE PROBABILIDAD DE VELOCIDAD DEL VIENTO EN PALARI.

Estudio del consumo

La demanda eléctrica para el sistema de Palari se diferencia, como se comentó en la Memoria, en dos perfiles para dos temporadas, la temporada de verano (Abril-Octubre) y la de invierno (Noviembre-Marzo). Esta última se muestra en la Figura 26, la de verano se mostró en la Memoria para indicar el tipo de perfil que se tendrá.

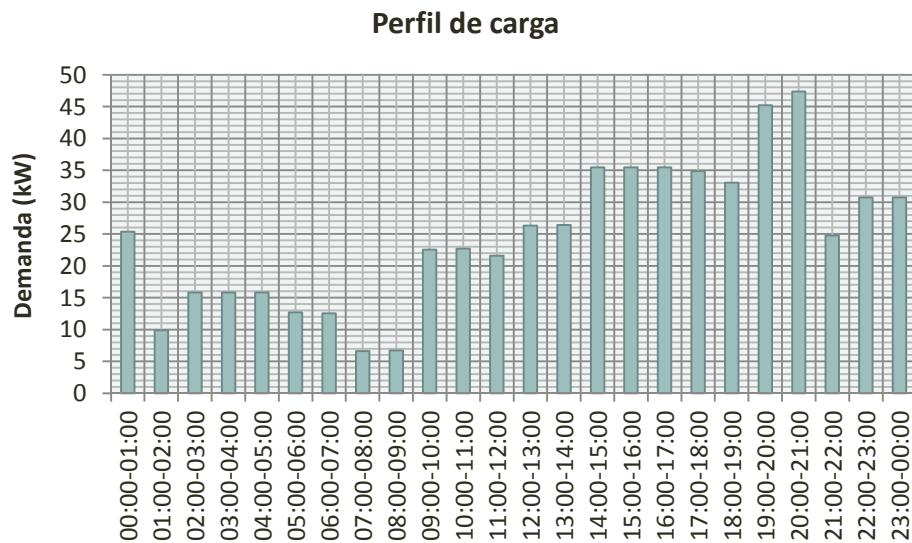


FIGURA 26. PERFIL DE CARGA DIARIA DE INVIERNO EN PALARI.

A continuación se muestran los detalles de las cargas concretas de la comunidad, resumidos en la Tabla 26.

TABLA 26. DETALLE DE CARGAS EN LA COMUNIDAD DE PALARI.

N	Carga	No. En uso	Potencia (W)	Verano (Abril-Octubre)		Invierno (Noviembre-Marzo)	
				Hrs/día	Wh/día	Hrs/día	Wh/día
A Cargas domésticas							
1	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	1	20	6	120	7	140
2	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	1	20	6	120	7	140
3	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	1	11	5	55	6	66
4	Radio	1	10	3	30	4	40
5	Ventilador de techo	1	30	15	450	0	0
6	Ventilador de mesa	1	15	9	135	0	0
Total				910		386	
No. De viviendas		304		276640		117344	
B Cargas industriales/comerciales/comunitarias							
1	Tiendas	10	500	8	40000	7	35000
2	Centro comunitario	1	1000	8	8000	6	6000
3	Pequeños centro de producción	5	3000	12	180000	10	150000
4	Iluminación de calles (con CFL)	5	30	10	1500	12	1800
Total				229500		192800	
C Cargas de usos de agricultura							
1	Bomba de agua	8	745,6	5	29824	3	17894,4
2	Bomba de irrigación	4	1491,2	6	35788,8	4	23859,2
3	Pozo	1	745,6	4	2982,4	2	1491,2
Total				68595,2		43244,8	
D Cargas centro médico							
1	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	4	20	4	320	6	480
2	Ventilador de techo	4	30	6	720	0	0
3	Frigorífico	1	600	20	12000	16	9600
Total				13040		10080	
E Cargas escuela							
1	Lámpara fluorescente compacta (CFL)	5	20	2	200	4	400
2	Ventilador de techo	2	30	6	360	0	0
3	Ordenador	1	300	2	600	2	600
4	Televisión	1	100	2	200	2	200
Total				1360		1200	
TOTAL (kWh/día)				Verano	594.14	Invierno	369.67

A partir de estos datos, obtenidos de Sen y Bhattacharyya [9], se crearon los dos diferentes perfiles, tratando de distribuir la carga lo máximo posible, dentro de las posibilidades, para mejorar el factor de carga del sistema.

Tecnologías aplicables

Debido a que los consumos son del mismo orden que en el caso de Taba, y los recursos utilizados los mismos, excepto en este caso el hídrico, la mayor parte de la información de las tecnologías es la descrita y especificada en el caso de Taba. No obstante, existen algunos cambios que se plasman a continuación. En la Tabla 27, se puede comprobar que se ha escogido una tecnología de fotovoltaica diferente, debido principalmente a su precio menor, y para observar también el efecto que esto provoca.

TABLA 27. DATOS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA PALARI.

Nombre	Tensión nominal (V)	Int. Cortocircuito (A)	Pot. Nominal (W)	Coste de adquisición (€)	Coste O & M unitario (€/año)	Vida esperada (años)	TONC (°C)	Coef. Ta (%/°C)	Emisiones CO ₂ fabricación y reciclaje (kgCO ₂ eq/kWp)
10 paneles aSi12-Schott:100W	12	67.9	1000	1100	11	25	49	-0.2	1392

Los datos de las tecnologías de baterías, inversores y aerogeneradores son los utilizados previamente. En esta ocasión no se ha propuesto utilizar turbinas hidráulicas, ya que no se dispone de un estudio de recurso hídrico. En el caso de Palari se escogen varios tipos de generadores diésel de diferentes potencias, para cubrir más posibilidades (Tabla 28).

TABLA 28. DATOS DE GENERADORES DIÉSEL PARA PALARI.

Nombre	Pot. Nominal (kVA)	Pminima (% de Pn)	Inflación comb. Anual (%)	Precio comb (€/l)	Coste(€)	Vida (hrs)	Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ /l)	Emisiones CO ₂ (kgCO ₂ eq/kVA)	Coste O & M (€/h)
Gen diésel 5.5 kVA	5.5	30	5	0.74	1300	10000	3.5	215	0.22
Gen diésel 10 kVA	10	30	5	0.74	3700	10000	3.5	215	0.27
Gen diésel 15 kVA	15	30	5	0.74	5750	10000	3.5	215	0.3
Gen diésel 20 kVA	20	30	5	0.74	7300	10000	3.5	215	0.32

El resto de datos de entrada se estiman como los dados en el caso anterior.

ANEXO II. RESULTADO COMPLEMENTARIOS

En este Anexo se presentan los diferentes resultados de las diversas optimizaciones de los sistemas para ambos casos de estudio. Se escogieron los resultados de las optimizaciones multi-objetivo más interesantes, a parte de los comentados en la Memoria, de manera que quede plasmado aquí y complemento algunos resultados comentados en la Memoria y muestre otros que no tuvieron cabida.

A. Suministro eléctrico en Taba (Etiopía).

i. Optimización VAN-Emisiones de CO₂

TABLA 29. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂ (TABA).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Turbina Hidro. (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	19.5	14.7	30	20	502.32
2	19.5	0.00	30	20	502.32
3	39	14.7	30	20	502.32
4	39	0.00	30	20	502.32

TABLA 30. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂ (TABA).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Ehidroel (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	192170	235209	33335	5774	196100	28371	52922	53023	1906
2	192170	229435	33335	0.00	196100	22631	55391	55524	2288
3	192170	268544	66670	5774	196100	60870	43747	43815	58
4	192170	262770	66670	0.00	196100	55109	45688	45777	499

ii. Optimización VAN-Energía no servida

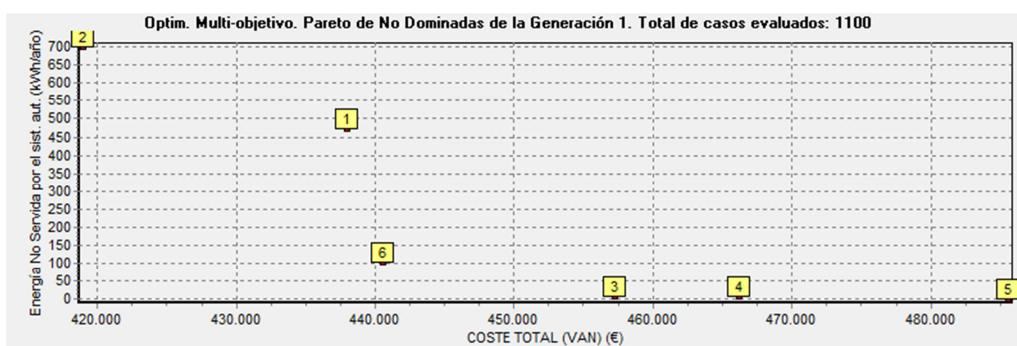


FIGURA 27. FRENTE DE PARETO OPTIMIZACIÓN VAN-ENERGÍA NO SERVIDA (TABA).

TABLA 31. RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-ENERGÍA NO SERVIDA (TABA).

Nº	Coste (VAN) (€)	Em.CO2 (kg/año)	ENS (kWh/año)	ENS (%)	Fracc. Ren. (%)	Coste E (€/kWh)	IDH	Empleos
1	437969.09	6980.85	474.42	0.25	98.76	0.09	0.4062	2.0
2	418968.75	7342.26	700.62	0.36	98.45	0.09	0.4061	2.0
3	457224.97	5376.50	8.41	0.00	99.97	0.10	0.4064	2.7
4	466204.19	5416.42	5.49	0.00	99.99	0.10	0.4064	2.8
5	485573.12	5582.89	0.00	0.00	100.00	0.10	0.4064	2.8
6	440526.72	5785.61	101.55	0.05	99.69	0.09	0.4064	2.7

TABLA 32. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-ENERGÍA NO SERVIDA (TABA).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Turbina Hidro. (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	19.5	14.7	30	20	502.32
2	19.5	0.00	30	20	502.32
3	39	14.7	30	20	502.32
4	39	26.9	30	20	502.32
5	39	43.1	30	20	502.32
6	39	0.00	30	20	502.32

TABLA 33. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-ENERGÍA NO SERVIDA (TABA).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Ehidroel (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	192170	235209	33335	5774	196100	28371	52922	53023	1906
2	192170	229435	33335	0.00	196100	22631	55391	55524	2288
3	192170	268544	66670	5774	196100	60870	43747	43815	58
4	192170	273565	66670	10795	196100	66276	41896	41948	20
5	192170	275834	66670	13064	196100	68744	41036	41083	8
6	192170	262770	66670	0.00	196100	55109	45688	45777	499

iii. Optimización VAN-Energía no servida-Emisiones de CO₂

Los resultados de esta optimización coinciden con los del caso anterior.

iv. Optimización VAN-creación de empleo

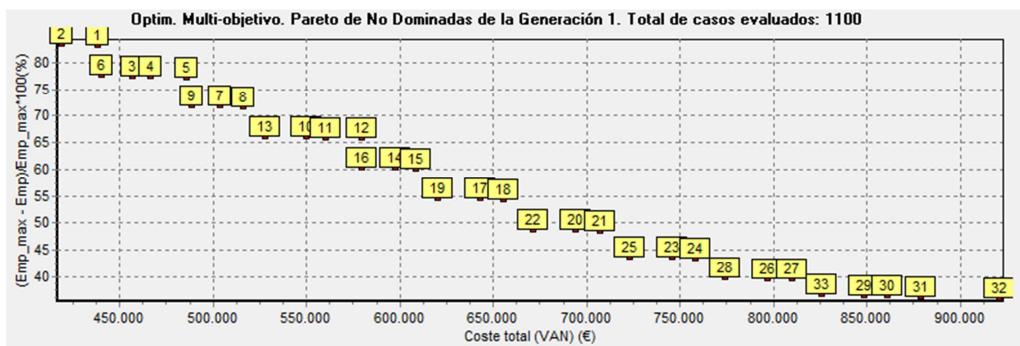


FIGURA 28. FRENTES DE PARETO DE OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO (TABA).

TABLA 34. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO (TABA).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Turbina Hidro. (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	19.5	14.7	30	20	502.32
2	19.5	0.00	30	20	502.32
3	39	14.7	30	20	502.32
31	19.5	43.1	30	20	502.32
32	19.5	72.5	30	20	502.32
33	19.5	0.00	30	20	502.32

TABLA 35. BALANCE DE ENERGÍA DE OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO (TABA).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Ehidroel (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	192170	235209.00	33335.00	5774.00	196100.00	28371.00	52922.00	53023.00	1906.00
2	192170	229435.00	33335.00	0.00	196100.00	22631.00	55391.00	55524.00	2288.00
3	192170	268544.00	66670.00	5774.00	196100.00	60870.00	43747.00	43815.00	58.00
31	192170	510373.00	303552.00	10720.00	196100.00	304729.00	30772.00	30789.00	0.00
32	192170	520627.00	303552.00	20975.00	196100.00	315782.00	27866.00	27863.00	0.00
33	192170	499653.00	303552.00	0.00	196100.00	293028.00	34281.00	34322.00	0.00

v. Optimización VAN-IDH

TABLA 36. BALANCE DE ENERGÍA DE OPTIMIZACIÓN VAN-IDH (TABA).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Ehidroel (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	269046.00	335214.00	133340.00	5774.00	196100.00	32624.00	91874.00	92087.00	1077.00
2	269046.00	340235.00	133340.00	10795.00	196100.00	37681.00	90155.00	90348.00	719.00
3	269046.00	342504.00	133340.00	13064.00	196100.00	40130.00	89217.00	89406.00	638.00
4	269046.00	329440.00	133340.00	0.00	196100.00	27336.00	93447.00	93681.00	1863.00
5	269046.00	368549.00	166675.00	5774.00	196100.00	64159.00	88469.00	88666.00	52.00
6	269046.00	375840.00	166675.00	13064.00	196100.00	72674.00	85187.00	85363.00	26.00
7	269046.00	362775.00	166675.00	0.00	196100.00	57638.00	90948.00	91162.00	336.00
8	269046.00	396110.00	200010.00	0.00	196100.00	91099.00	87473.00	87673.00	0.00

vi. Optimización VAN-IDH-Creación de empleo

TABLA 37. RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO-IDH (TABA).

Nº	Coste (VAN) (€)	Em.CO2 (kg/año)	ENS (kWh/año)	ENS (%)	Fracc. Ren. (%)	Coste E (€/kWh)	IDH	Empleos
1	881488.56	51273.47	56950.45	21.17	78.43	0.17	0.4161	4.2
2	871492.56	53389.79	60248.56	22.39	77.34	0.17	0.4145	4.2
3	906992.12	44509.40	40127.52	14.91	84.85	0.16	0.4235	4.2
27	1124770.25	43970.95	13782.67	5.12	94.88	0.18	0.4342	7.9
28	1287908.25	39390.56	7138.04	2.65	97.35	0.20	0.4367	8.0
29	1415148.50	40308.29	6690.42	2.49	97.51	0.22	0.4369	7.9

TABLA 38. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO-IDH (TABA).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Turbina Hidro. (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	78	14.7	30	20	502.32
2	78	26.9	30	20	502.32
3	78	43.1	30	20	502.32
27	195	43.1	30	20	502.32
28	195	72.5	30	20	502.32
29	195	0	30	20	502.32

TABLA 39. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO-IDH (TABA).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Ehidroel (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	269046.00	335214.00	133340.00	5774.00	196100.00	32624.00	91874.00	92087.00	1077.00
2	269046.00	340235.00	133340.00	10795.00	196100.00	37681.00	90155.00	90348.00	719.00
3	269046.00	342504.00	133340.00	13064.00	196100.00	40130.00	89217.00	89406.00	638.00
27	269046.00	510373.00	303552.00	10720.00	196100.00	208474.00	73869.00	74017.00	0.00
28	269046.00	520627.00	303552.00	20975.00	196100.00	220354.00	69420.00	69548.00	0.00
29	269046.00	499653.00	303552.00	0.00	196100.00	195850.00	78868.00	79039.00	0.00

B. Suministro eléctrico en Palari (India)

Al igual que en el caso de Taba, se muestran aquí los resultados complementarios a lo descrito en la Memoria.

i. Optimización VAN-Emisiones de CO₂

TABLA 40. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂ (PALARI).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	182	14.7	5.5	502.32
2	182	26.9	5.5	502.32

3	182	0	5.5	502.32
4	208	14.7	5.5	502.32
5	208	26.9	5.5	502.32
6	208	43.1	5.5	502.32
7	208	0	5.5	502.32

TABLA 41. BALANCE DE ENERGÍA DE OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂ (PALARI).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	182917	273939.00	269844.00	4094.00	59402.00	96763.00	96901.00	4023.00
2	182917	277120.00	269844.00	7276.00	62449.00	95300.00	95412.00	3732.00
3	182917	269844.00	269844.00	0.00	55665.00	98669.00	98831.00	4311.00
4	182917	295761.00	291864.00	3898.00	73305.00	102956.00	103093.00	1549.00
5	182917	298804.00	291864.00	6940.00	76455.00	101267.00	101378.00	1261.00
6	182917	300708.00	291864.00	8845.00	78494.00	100151.00	100256.00	1066.00
7	182917	291864.00	291864.00	0.00	69244.00	105349.00	105509.00	1851.00

ii. Optimización VAN-Emisiones de CO₂-Energía no servida

TABLA 42. RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂-ENERGÍA NO SERVIDA (PALARI).

Nº	Coste (VAN) (€)	Em.CO2 (kg/año)	ENS (kWh/año)	ENS (%)	Fracc. Ren. (%)	Coste E (€/kWh)	IDH	Empleos
1	665392.50	22652.42	3160.42	1.73	94.29	0.15	0.4284	5.8.
2	655236.38	18762.73	5198.67	2.84	94.96	0.15	0.4273	5.9
3	666535.88	18643.01	4700.59	2.57	95.39	0.15	0.4276	5.9
4	638368.44	18981.83	6139.57	3.36	94.29	0.14	0.4268	5.8
19	724672.81	17405.97	0.00	0.00	99.98	0.16	0.4301	6.7
20	719425.75	17382.00	7.18	0.00	99.98	0.16	0.4301	6.7
21	705785.31	17640.91	69.44	0.04	99.82	0.15	0.4301	6.7

TABLA 43. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂-ENERGÍA NO SERVIDA (PALARI).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	182	0	10	502.32
2	182	14.7	5.5	502.32
3	182	26.9	5.5	502.32
4	182	0	5.5	502.32
19	234	14.7	15	502.32
20	234	14.7	5.5	502.32
21	234	0	5.5	502.32

TABLA 44. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-EMISIONES DE CO₂-ENERGÍA NO SERVIDA (PALARI).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	182917	269844.00	269844.00	0.00	55664.00	98676.00	98837.00	7292.00
2	182917	273939.00	269844.00	4094.00	59402.00	96763.00	96901.00	4023.00
3	182917	277120.00	269844.00	7276.00	62449.00	95300.00	95412.00	3732.00
4	182917	269844.00	269844.00	0.00	55665.00	98669.00	98831.00	4311.00
19	182917	313491.00	309786.00	3705.00	87250.00	105506.00	105641.00	37.00
20	182917	313491.00	309786.00	3705.00	87250.00	105506.00	105641.00	29.00
21	182917	309786.00	309786.00	0.00	82745.00	108487.00	108647.00	264.00

iii. Optimización VAN-Creación de empleo.

TABLA 45. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO (PALARI).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	182	14.7	10	502.32
2	182	26.9	5.5	502.32
3	182	0	5.5	502.32
4	208	26.9	5.5	502.32
25	312	26.9	15	502.32
26	312	43.1	5.5	502.32
27	312	0	5.5	502.32

TABLA 46. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-CREACIÓN DE EMPLEO (PALARI).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	182917	273939.00	269844.00	4094.00	59402.00	96763.00	96901.00	4023.00
2	182917	277120.00	269844.00	7276.00	62449.00	95300.00	95412.00	3732.00
3	182917	269844.00	269844.00	0.00	55665.00	98669.00	98831.00	4311.00
4	182917	298804.00	291864.00	6940.00	76459.00	101269.00	101380.00	1997.00
25	182917	349520.00	343534.00	5986.00	124357.00	101238.00	101342.00	0.00
26	182917	351158.00	343534.00	7624.00	126577.00	99710.00	99809.00	0.00
27	182917	343534.00	343534.00	0.00	116456.00	106866.00	107021.00	0.00

iv. Optimización VAN-IDH.

TABLA 47. COMPONENTES RESULTADO OPTIMIZACIÓN VAN-IDH (PALARI).

Nº	P total FV (kWp)	P total eólica (kW)	Gener. AC (kVA)	Cap. total Bat. (kWh)
1	156	0	5.5	502.32
2	182	0	15	502.32
3	182	14.7	5.5	502.32

4	182	0	5.5	502.32
25	312	26.9	20	502.32
26	312	43.1	20	502.32
27	312	0	20	502.32

TABLA 48. BALANCE DE ENERGÍA OPTIMIZACIÓN VAN-IDH (PALARI).

Nº	Econs (kWh/año)	E.renov (kWh/año)	E.FV (kWh/año)	Eeolica (kWh/año)	Eexceso (kWh/año)	Ecarga (kWh/año)	Edesc (kWh/año)	EgenAC (kWh/año)
1	292665.00	240511.00	240511.00	0.00	1081.00	70595.00	69419.00	23417.00
2	292665.00	269844.00	269844.00	0.00	4485.00	84283.00	82499.00	49873.00
3	292665.00	273939.00	269844.00	4094.00	6019.00	83580.00	81324.00	19446.00
4	292665.00	269844.00	269844.00	0.00	4480.00	84014.00	81816.00	19979.00
25	292665.00	349520.00	343534.00	5986.00	30346.00	101820.00	96594.00	51707.00
26	292665.00	351158.00	343534.00	7624.00	31292.00	101342.00	96115.00	51371.00
27	292665.00	343534.00	343534.00	0.00	26867.00	103581.00	98379.00	52765.00