

Planificación y diseño de un sistema fotovoltaico en Chacras: Microgeneración de 6 kw de potencia

Cabeza Gras Oscar*; **Jaramillo García Vladimir***

* Universidade da Coruña, Departamento de Física y Ciencias de la Tierra, A
Coruña-España

e-mail: oscar.cabeza@udc.es; Vladimir.jaramillo@udc.es

RESUMEN:

El futuro de la generación de energía eléctrica implica que el consumidor pueda participar de una manera activa en su producción y almacenamiento, así como en la gestión de la demanda (Yahyaou, 2018). Las tecnologías basadas en la fotoelectricidad son fundamentales en la solución del problema del cambio climático y están asociadas a la reducción de emisión de gases de efecto invernadero (Himanshu Tyagi, 2018). Los consumidores finales pueden abastecerse de forma total o parcial al generar su propia energía eléctrica (Price, 2018), a esto se conoce como generación distribuida que es un sistema cuyos niveles de voltaje pueden estar en baja, media y alta tensión (Fanghong Guo, 2018). La generación fotovoltaica en baja tensión se observa en los paneles solares colocados en los tejados de los edificios a través de los cuales se aprovecha una fuente inagotable de energía proveniente del sol (Yang, 2019).. El objetivo de la presente investigación es el de diseñar un sistema de micro generación fotovoltaica (μ SFV) que opere en sincronismo con la red. La investigación es de naturaleza cuantitativa ya que permitió determinar la producción de energía generada y sus costos, y es también no experimental, descriptiva, explicativa y propositiva, estableciendo relaciones de causalidad fundamentada en fuentes secundarias. El resultado fue el diseño de una instalación fotovoltaica a la cual se le realizó un análisis económico y se determinó las emisiones de gases de efecto invernadero evitados.

Palabras clave: emisión, consumidor, energía.

ABSTRACT:

The future of electricity generation implies that the consumer can participate actively in its production and storage, as well as in the management of demand (Yahyaoui, 2018). Technologies based on photoelectricity are fundamental in solving the problem of climate change and are associated with the reduction of greenhouse gas emissions (Himanshu Tyagi, 2018). Final consumers can supply themselves totally or partially by generating their own electricity (Price, 2018), this is known as distributed generation which is a system whose voltage levels can be low, medium and high voltage (Fanghong Guo, 2018) The low voltage photovoltaic generation is observed in the solar panels placed in the tissues of the buildings through which an inexhaustible source of energy from the sun is taken advantage of (Yang, 2019). The objective of this research is to design a photovoltaic micro generation system (μ SFV) that operates in synchronism with the network. The research is quantitative in nature and determines the production of generated energy and its costs, and is also non-experimental, descriptive, explanatory and purposeful, establishing causal relationships based on secondary sources. The result was the design of a photovoltaic installation to which the economic analysis was performed and the greenhouse gas emissions avoided were determined.

Keywords: emission, consumer, energy

Introducción

La energía fotovoltaica forma parte de las denominadas Energías Renovables No Convencionales (ERNC), se constituye hoy en la energía del presente y del futuro puesto que tiene todas las ventajas que ofrece una energía limpia, inclusive considerando los procesos de manufactura y disposición final de los paneles (White, 2019). Al estar distribuida por todas partes permite la liberación y gestión de las energías en forma democrática. Además, el avance tecnológico en la manufactura de paneles permite niveles de eficiencia mayores y dramáticas reducciones en cuanto a costos de fabricación (Yahyaou, 2018). En el presente trabajo de investigación se diseña una micro central fotovoltaica en sincronía con la red de distribución, no se utilizará acumuladores de energía y la potencia instalada será inferior a los 100 kW. En esta primera etapa se instalarán un número de 20 paneles fotovoltaicos que ocuparán una superficie inclinada - tipo falda de techo de 39.16 m².

La generación de la energía eléctrica centralizada en una red de distribución convencional debe dar paso a un tipo de red denominada: red inteligente (Smart grid); el avance tecnológico ofrece oportunidades de optimización que tiende a revolucionar la gestión del negocio y el servicio de suministro de electricidad (Przemyslaw Komarnicki, 2017). Los sistemas de distribución son dinámicos (crecen en función de la demanda), topológicamente complejos y extensos ya que están

constituido por cientos de subestaciones eléctricas, miles de centros de transformación y decenas de miles de kilómetros de línea de alta, media y baja tensión, siendo en los niveles de media y baja tensión donde se dan los cambios fundamentales para el paso a las redes inteligentes (Varadi, 2017). En la estructura de la distribución eléctrica centralizada del Ecuador todas las grandes plantas de generación y subestaciones eléctricas están automatizadas y controladas desde los centros de control (sistema scada), sin embargo, una mínima parte de redes de media y baja tensión están integradas a estos centros y nace el reto de automatizar todos los componentes clave de la red de distribución.

La actual red unidireccional se está transformando en una red bidireccional lo que provoca cambios importantes en los actuales centros de transformación y permite flujos bidireccionales de energía entre usuarios y el sistema eléctrico de distribución. Esta automatización conlleva a un diagnóstico de los diferentes componentes de la red, mejora la calidad del servicio y trae consigo una integración eficiente de los nuevos recursos energéticos distribuidos tales como la denominada generación distribuida; alcanzando una demanda más activa. (Zhao, 2017) Por tanto, en el futuro próximo cambiarán los sistemas eléctricos y la relación entre distribuidores y consumidores siendo esta relación más dinámica y activa. Si además se incluye los contadores de energía inteligentes se puede obtener datos precisos y actualizados del consumo, lo que favorece el ahorro desde la eficiencia energética (Fanghong Guo, 2018). Desde el enfoque ambiental la energía fotovoltaica distribuida evita las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera y contribuye eficientemente a combatir el problema del cambio climático (Kreith, 2018).

Por lo detallado una red inteligente tiene como punto de partida la incorporación de la generación de energía eléctrica distribuida, ya que permite fiabilidad de suministro bajo una topología mallada con control de los flujos de potencia en tiempo real. Las rigideces de las redes eléctricas convencionales traen: *“Ineficiencia en la gestión de la energía que implica baja calidad del producto y voluminosas emisiones de gases de efecto invernadero”*. Mientras que la red inteligente con la incorporación de la generación distribuida permite planificar la gestión de la energía de una manera sostenible, ingeniosa y eficaz. La presente investigación plantea como objetivo: Diseñar y planificar un sistema de micro generación fotovoltaica (μ SFV) que opere en sincronismo con la red. Así también se plantea como objetivos específicos:

- Determinar el conexionado eléctrico del sistema fotovoltaico en superficie inclinada - tipo falda de techo.
- Realizar un análisis económico del presupuesto de la instalación y rentabilidad del Sistema
- Cuantificar la emisión de gases de efecto invernadero evitados

Materiales y Métodos

Para realizar la investigación propuesta se hace uso de GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de precisión submétrico, luego los datos (coordenadas, altitud) levantados en sitio deben ser procesados mediante software para realizar la corrección diferencial, acto seguido los datos son ingresados a un Sistema de Información Geográfica para establecer el mapa de ubicación, después se establece la localidad en un software especializado eléctrico para determinar datos de irradiación y modelado de los paneles fotovoltaicos en el tejado de la edificación a la cual se le diseña el sistema de micro generación fotovoltaica.

El método de investigación será de naturaleza cuali-culitativa, no experimental, descriptiva, explicativa y propositiva y realizará relaciones de causalidad; la misma que está fundamentada en investigación primaria (de campo) y secundaria (bibliografía) (Jaramillo García, 2018)

Se utilizará para la determinación de la irradiación el meteonorm que es una herramienta informática que permite obtener los datos de irradiación para cada ubicación del planeta, entregando datos confiables desde el año 2010 hasta la presente fecha.

Discusión de Resultados

El proyecto se ubica en la parroquia Chacras perteneciente al cantón Arenillas. Con coordenadas $x=590214.033$ e $y=9608853.564$ en WGS 84, UTM, Zona 17S como se puede observar en la figura 1:

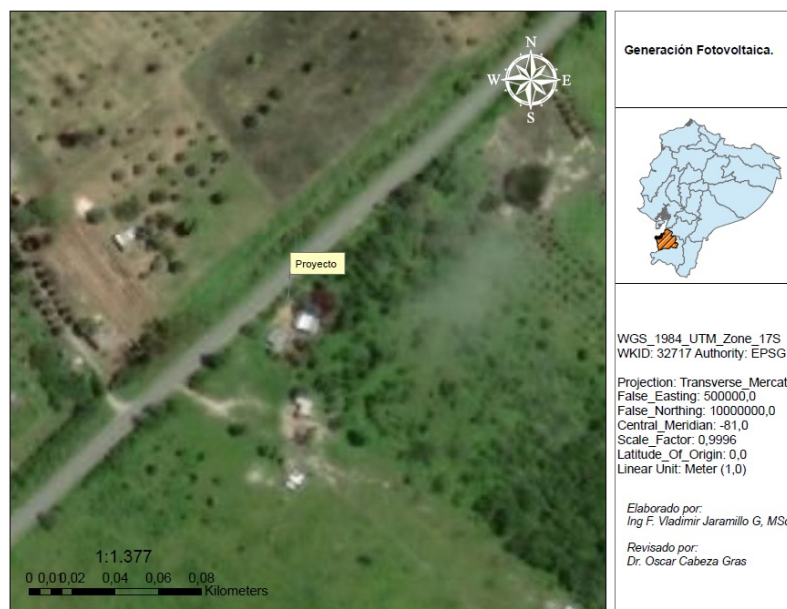


Fig. 1. Ubicación del proyecto micro generación fotovoltaica.

En el software especializado se procede a ingresar las coordenadas levantadas en sitio y digitalizadas en el sistema de información geográfico (SIG) para establecer con exactitud la localidad del proyecto, Figura 2.

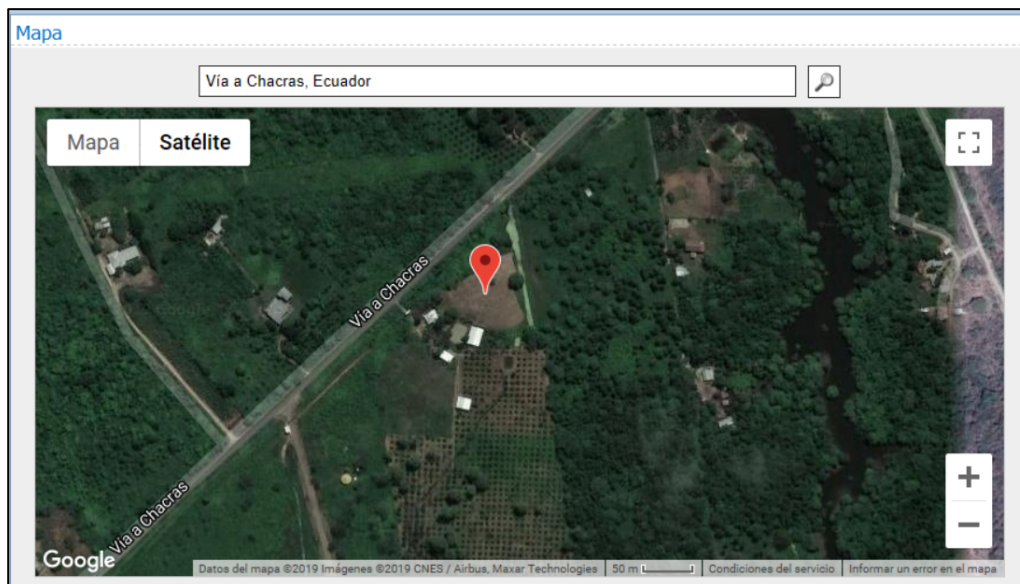


Fig. 2. Localidad del proyecto micro generación fotovoltaica en Software.

Luego se procede a determinar la irradiación sobre el plano horizontal, calculando la irradiación media diaria en base a la localidad seleccionada e importada desde meteonorm para todo el mundo. Figura 3. Se puede observar en el gráfico que la irradiación diaria media mínima se da en el mes de julio, por tanto, ésta será la que emplearemos en el diseño.

Irradiación sobre el plano horizontal

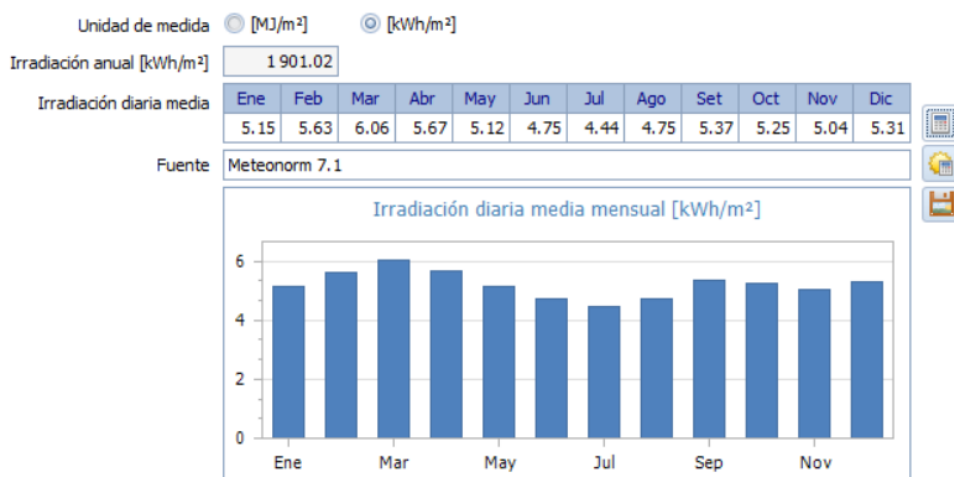


Fig. 3. Irradiación anual y diaria media.

También se presentan los datos de irradiación horaria media mensual acorde a la localidad. Figura 4. De estos datos podemos decir que se puede considerar como 8 el número de horas pico en la zona de estudio, estableciéndose que el Ecuador posee extensas áreas geográficas en los que se puede implementar este tipo de tecnología.

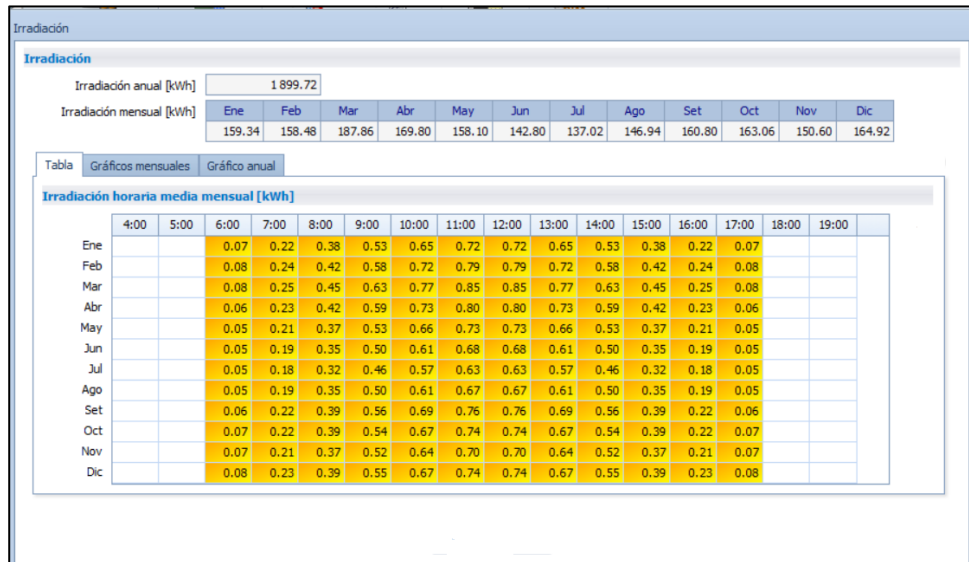


Fig. 4. Irradiación horaria media mensual en kWh.

El diseño de la micro central fotovoltaica se lo realiza partiendo de un archivo IFC para ilustrar como ejemplo, aunque también se lo puede hacer desde archivos DXF, DWG, sobre una envolvente modelada con el objeto, etc. Por tanto, se procede a realizar la disposición física de los paneles. Figura 5.



Fig. 5. Archivo IFC subido al software especializado

A continuación, se procede a seleccionar el área en donde se emplazará el sistema fotovoltaico y se activa el asistente para el diseño, dando como resultado el posicionamiento automático. Figura 6

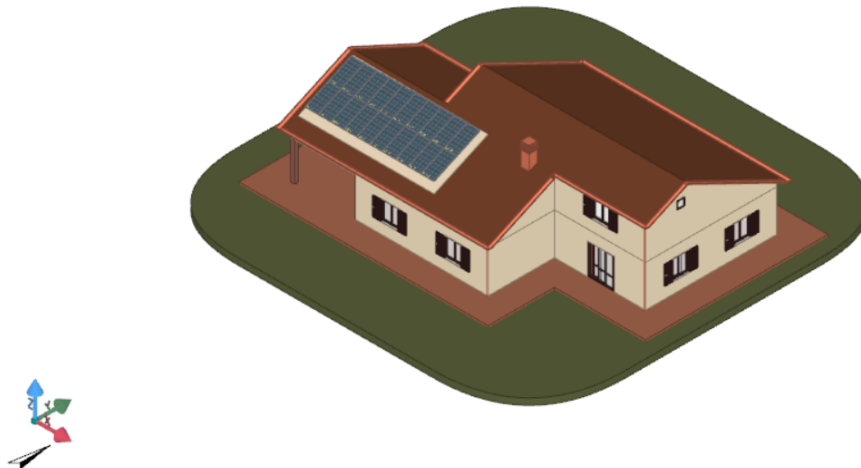


Fig. 6. Disposición física de los paneles fotovoltaicos en el área seleccionada.

Se selecciona el inversor compatible al campo fotovoltaico y se indican los módulos conectados al mismo, luego se inserta el cuadro de campo en corriente alterna y corriente continua, se especifica las secciones de los conductores y las protecciones en corriente alterna y continua. Culminado este procedimiento se realizan las comprobaciones eléctricas cuyos resultados se presentan en la figura 7.

Características eléctricas del módulo en STC		Características eléctricas de la entrada MPPT	
Potencia pico [W]	300	Potencia nominal [W]	6 000
V _m [V]	36.40	V _{MPPT} mín [V]	180.00
V _{oc} [V]	46.30	V _{max} [V]	600.00
I _m [A]	8.24	V _{MPPT} máx [V]	530.00
I _{sc} [A]	8.77	I _{max} [A]	36.00
Configuración entrada MPPT		Dimensionamiento del inversor	
N° inversores	1	Pot. módulos [W]	6 000
N° ramas	1	Pot. inversores [W]	6 000
N° módulos	10	Dimensionamiento [%]	100.00
Módulos x rama	10		
Tensiones del generador		Corrientes del generador	
V _m a -10 °C [V]	407.75	I _m a 25 °C [A]	8.24
V _m a 25 °C [V]	364.00	I _{sc} a 25 °C [A]	8.77
V _m a 70 °C [V]	307.75		
V _{oc} a -10 °C [V]	506.75		
V _{oc} a 25 °C [V]	463.00		
V _{oc} a 70 °C [V]	406.75		
Comprobaciones			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ V_m a 70 °C (307.75 V) mayor o igual a V_{MPPT} mín. (180.00 V) ✓ V_m a -10 °C (407.75 V) menor o igual a V_{MPPT} máx. (530.00 V) ✓ V_{oc} a -10 °C (506.75 V) menor o igual a la tensión máx. de la entrada MPPT (600.00 V) ✓ V_{oc} a -10 °C (506.75 V) menor o igual a la tensión máx. de sistema del módulo (1 000.00 V) ✓ Corriente máx. generada (8.77 A) menor o igual a la corriente máx. de entrada MPPT (36.00 A) ✓ Dimensionamiento (100.00%) comprendido 70% e 120% 			
		leyenda <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprobado ✗ No comprobado ⚠ Comprobado sin respetar los márgenes de seguridad 	

Fig. 7. Comprobaciones eléctricas

Las características del campo fotovoltaico referentes a la inclinación de los módulos, manufactura, potencia del panel, potencia total en kW, número de módulos empleados en la instalación y superficie de emplazamiento se observan en la figura 8.


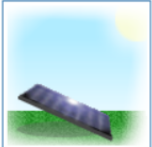
Datos generales		Módulo	
Descripción	Campo fotovoltaico 1	Módulo	Abba Srl - ASP-72 300 - ASP-72 300
Posicionamiento de los módulos	Coplanario a las superficies	Tipo material	Si policristalino
Tipo de estructura	Fija	Potencia de pico [W]	300.0
		Superficie módulo [m²]	1.958
		Número módulos	20
Posicionamiento e irradiación sobre el plano de los módulos		Totales	
Acimut [°]	0	Energía anual [kWh]	8 008.68
Tilt [°]	25	Potencia total [kW]	6.000
		Superficie total [m²]	39.16
			
	Irradiación anual [kWh/m²]		1 094.80

Fig. 8. Posicionamiento e irradiación de los módulos respecto al plano

El esquema eléctrico de la micro central desde los paneles, inversores, cuadros de campo es el mostrado en la figura 9.

Nombre	Designación	Sección [mm²]	Longitud [m]	Corriente [A]	Ampacidad [A]
Red - Cuadro General	FG16M16 0,6/1 kV	4.0	5.00	26.09	30.60
Cuadro General - Panel Fotovoltaico	FG16M16 0,6/1 kV	4.0	5.00	26.09	30.60
Panel Fotovoltaico - Inversor 1	FG16M16 0,6/1 kV	4.0	5.00	26.09	30.60
Inversor 1 - MPPT 1		4.0	1.00	8.24	30.60
Inversor 1 - Cuadro de Campo 1	FG16M16 0,6/1 kV	4.0	5.00	8.24	30.60
Cuadro de Campo 1 - S	H1Z2Z2-K	4.0	5.00	8.24	30.60
Inversor 1 - MPPT 2		4.0	1.00	8.24	30.60
Inversor 1 - Cuadro de Campo 2	FG16M16 0,6/1 kV	4.0	5.00	8.24	30.60
Cuadro de Campo 2 - S	H1Z2Z2-K	4.0	5.00	8.24	30.60

Fig. 9. Esquema Eléctrico

El análisis económico permite determinar los costos que incurren en la instalación tales como la energía total anual producida por la micro central fotovoltaica, la potencia instalada y el costo de producción de 1 kW fotovoltaico. Figura 10.

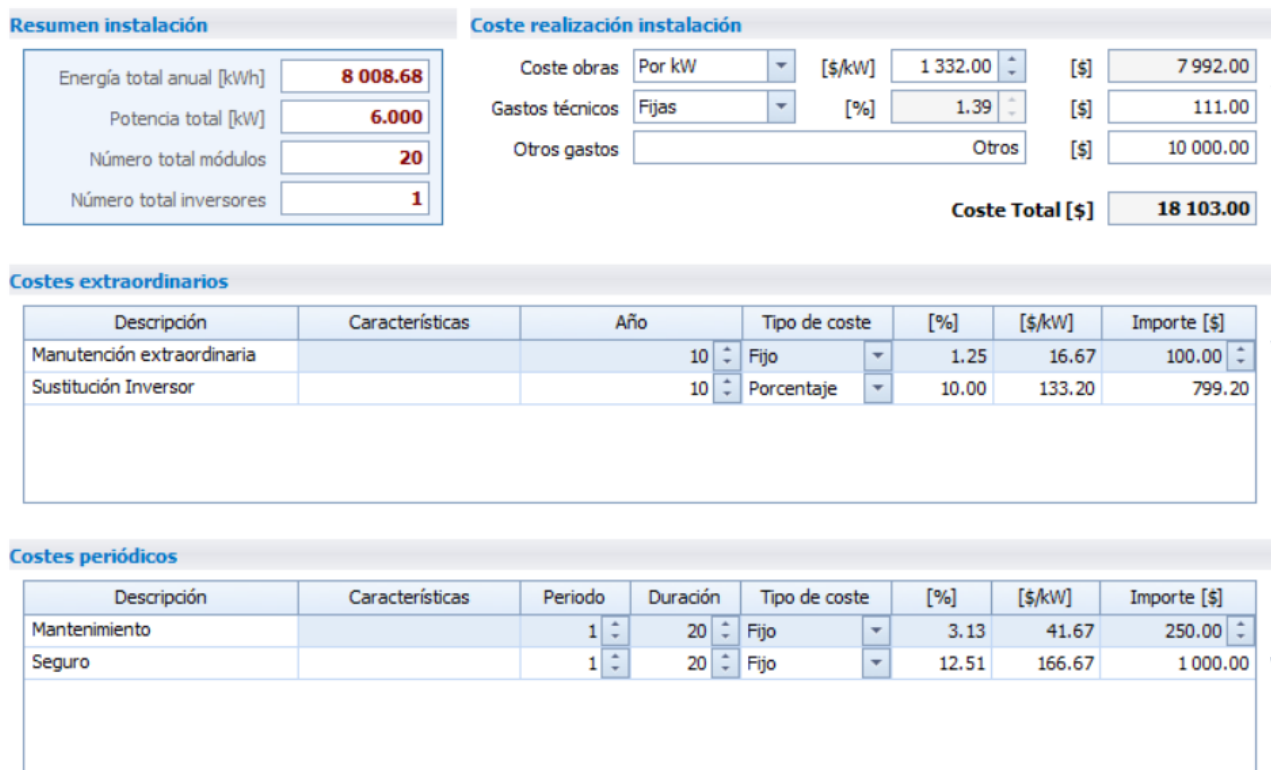


Fig. 10. Costes de la micro central fotovoltaica

También se presenta la evolución del Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) calculados en el período de 25 años que es el estimado de vida útil del proyecto. Figura 11.

Tabla presupuesto								
Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Energía (*)								
Energía producida	8.008,68	7.936,58	7.865,13	7.794,39	7.724,22	7.654,72	7.585,82	7.517,53
Energía exportada	5.948,80	5.856,95	5.766,42	5.676,81	5.587,49	5.499,36	5.411,91	5.325,32
Energía autoconsumida	2.059,88	2.079,64	2.098,72	2.117,58	2.136,72	2.155,37	2.173,91	2.192,21
Energía adquirida	1.230,41	1.276,66	1.324,39	1.374,05	1.424,67	1.477,25	1.531,65	1.587,27
Energía intercambiada	1.230,41	1.276,66	1.324,39	1.374,05	1.424,67	1.477,25	1.531,65	1.587,27
Consumos (*)								
Consumo total	3.290,29	3.356,30	3.423,10	3.491,63	3.561,39	3.632,62	3.705,57	3.779,48
Autoconsumo	2.059,88	2.079,64	2.098,72	2.117,58	2.136,72	2.155,37	2.173,91	2.192,21
Eterconsumo	1.230,41	1.276,66	1.324,39	1.374,05	1.424,67	1.477,25	1.531,65	1.587,27
Presupuesto anual (**)								
Ingresos Total	2.700,04	2.727,29	2.753,77	2.779,49	2.812,09	2.836,17	2.867,08	2.897,09
Ingresos tarifa de incentivo	2.402,60	2.428,59	2.453,92	2.478,62	2.510,37	2.533,71	2.564,01	2.593,55
Ingresos energéticos exportados	297,44	298,70	299,85	300,87	301,72	302,46	303,07	303,54
Ahorro de factura	492,96	527,87	565,04	604,74	647,26	692,58	740,99	792,67
Otros ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de operación	1.250,00	1.275,00	1.300,50	1.326,51	1.353,04	1.380,10	1.407,70	1.435,86
Costes extraordinarios	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes periódicos	1.250,00	1.275,00	1.300,50	1.326,51	1.353,04	1.380,10	1.407,70	1.435,86
Ingresos	1.943,00	1.980,16	2.018,31	2.057,72	2.106,31	2.148,65	2.200,37	2.253,90
Flujo de caja	1.943,00	1.980,16	2.018,31	2.057,72	2.106,31	2.148,65	2.200,37	2.253,90
Flujo de caja acumulado	-16.160,00	-14.179,84	-12.161,53	-10.103,81	-7.997,50	-5.848,85	-3.648,48	-1.394,58
VAN	-16.234,73	-14.403,96	-12.609,69	-10.850,74	-9.119,51	-7.421,40	-5.749,30	-4.102,40
TIR	-89.27%	-61.13%	-40.03%	-26.03%	-16.56%	-9.98%	-5.23%	-1.71%

Tabla presupuesto								
Año	9	10	11	12	13	14	15	16
Energía (*)								
Energía producida	7.449,88	7.382,83	7.316,39	7.250,51	7.185,30	7.120,63	7.056,54	6.993,03
Energía exportada	5.239,46	5.154,67	5.071,36	4.989,78	4.910,31	4.834,30	4.759,26	4.685,62
Energía autoconsumida	2.210,41	2.228,16	2.245,03	2.260,73	2.274,99	2.286,33	2.297,28	2.307,40
Energía adquirida	1.644,84	1.703,85	1.765,72	1.830,20	1.898,07	1.970,08	2.044,02	2.120,87
Energía intercambiada	1.644,84	1.703,85	1.765,72	1.830,20	1.898,07	1.970,08	2.044,02	2.120,87
Consumos (*)								
Consumo total	3.855,26	3.932,01	4.010,75	4.090,93	4.173,06	4.256,42	4.341,30	4.428,27
Autoconsumo	2.210,41	2.228,16	2.245,03	2.260,73	2.274,99	2.286,33	2.297,28	2.307,40
Eterconsumo	1.644,84	1.703,85	1.765,72	1.830,20	1.898,07	1.970,08	2.044,02	2.120,87
Presupuesto anual (**)								
Ingresos Total	2.924,04	2.959,72	2.987,15	3.013,81	3.039,76	3.077,04	3.108,50	3.139,12
Ingresos tarifa de incentivo	2.614,91	2.650,44	2.677,80	2.704,44	2.730,41	2.762,81	2.794,39	2.825,18
Ingresos energéticos exportados	309,13	309,28	309,35	309,37	309,35	314,23	314,11	313,94
Ahorro de factura	847,79	906,49	968,82	1.034,91	1.104,93	1.178,27	1.256,22	1.338,87
Otros ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de operación	1.464,57	1.568,49	1.523,74	1.554,21	1.585,30	1.617,01	1.649,35	1.682,34
Costes extraordinarios	0,00	1.074,63	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes periódicos	1.464,57	1.493,86	1.523,74	1.554,21	1.585,30	1.617,01	1.649,35	1.682,34
Ingresos	2.307,26	2.297,72	2.432,23	2.494,51	2.559,39	2.638,30	2.715,37	2.795,65
Flujo de caja	2.307,26	2.297,72	2.432,23	2.494,51	2.559,39	2.638,30	2.715,37	2.795,65
Flujo de caja acumulado	912,68	2.210,40	4.642,63	7.137,14	9.696,53	12.334,83	15.050,20	17.845,85
VAN	-2.481,35	-1.604,65	-24,72	1.533,34	3.070,44	4.594,00	6.101,74	7.594,36
TIR	0.97%	2.17%	3.97%	5.40%	6.54%	7.47%	8.24%	8.88%

Tabla presupuesto									
Año	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Energía (*)									
Energía producida	6.930,08	6.867,73	6.805,94	6.744,66	6.683,98	6.623,79	6.564,18	6.505,13	6.446,58
Energía exportada	4.613,21	4.541,21	4.471,46	4.404,31	4.338,67	4.274,04	4.211,21	4.149,85	4.089,08
Energía autoconsumida	2.316,87	2.326,52	2.334,48	2.340,34	2.345,31	2.349,75	2.352,97	2.355,28	2.357,50
Energía adquirida	2.200,00	2.280,59	2.364,74	2.453,11	2.543,75	2.637,21	2.733,70	2.833,00	2.934,84
Energía intercambiada	2.200,00	2.280,59	2.364,74	2.453,11	2.543,75	2.637,21	2.733,70	2.833,00	2.934,84
Consumos (*)									
Consumo total	4.516,87	4.607,12	4.699,22	4.793,46	4.889,06	4.986,96	5.086,67	5.188,28	5.292,34
Autoconsumo	2.316,87	2.326,52	2.334,48	2.340,34	2.345,31	2.349,75	2.352,97	2.355,28	2.357,50
Eterconsumo	2.200,00	2.280,59	2.364,74	2.453,11	2.543,75	2.637,21	2.733,70	2.833,00	2.934,84
Presupuesto anual (**)									
Ingresos Total	3.173,50	3.202,33	3.230,41	3.268,93	3.302,12	3.338,65	3.370,04	3.404,77	3.440,83
Ingresos tarifa de incentivo	2.855,19	2.884,45	2.912,94	2.947,42	2.981,06	3.013,82	3.045,78	3.076,93	3.113,70
Ingresos energéticos exportados	318,31	317,88	317,47	321,51	321,06	324,83	324,26	327,84	327,13
Ahorro de factura	1.426,58	1.520,13	1.618,39	1.721,22	1.829,81	1.944,66	2.065,50	2.192,82	2.327,72
Otros ingresos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costo de operación	1.715,99	1.750,30	1.785,31	1.821,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes extraordinarios	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costes periódicos	1.715,99	1.750,30	1.785,31	1.821,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ingresos	2.884,09	2.972,16	3.063,49	3.169,14	5.131,93	5.283,31	5.435,54	5.597,59	5.768,55
Flujo de caja	2.884,09	2.972,16	3.063,49	3.169,14	5.131,93	5.283,31	5.435,54	5.597,59	5.768,55
Flujo de caja acumulado	20.729,94	23.702,10	26.765,59	29.934,73	35.066,66	40.349,97	45.785,51	51.383,10	57.151,65
VAN	9.074,98	10.542,12	11.996,18	13.442,54	15.694,60	17.923,92	20.129,26	22.313,00	24.476,88
TIR	9.42%	9.88%	10.27%	10.60%	11.05%	11.42%	11.73%	11.99%	12.21%

Fig. 11. Calculo del VAN y el TIR

Finalmente, en la Figura 12 se presentan las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero como el Dióxido de Carbono CO₂, Metano CH₄, Óxido Nitroso (N₂O):

General data				
Energía total anual [kWh]	8 008.68	Pérdidas de eficiencia [%]	0.90	
Previsión de vida de la instalación [años]	25			
Emisiones de gas de efecto invernadero evitadas				
Fuente de datos	2016 UK Greenhouse gases (GHG) Conversion Factors			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GHG
Factor de emisión [kg/kWh]	0.46254	0.00044	0.00236	0.46534
Emisiones evitadas durante un año [kg]	3 704.33	3.52	18.90	3 726.76
Emisiones evitadas en 25 años [kg]	83 263.88	79.21	424.83	83 767.92
TOE salvado				
Fuente de datos	World Energy Council 2007			
Factor de conversión TOE a eléctrico MWh [TOE/MWh]	0.220			
TOE salvado durante un año	1.76			
TOE salvado durante 25 años	39.60			

Fig. 12. Emisiones Evitadas de gases de efecto invernadero (GEI)

Conclusiones

Se realizará el montaje de los módulos fotovoltaicos sobre perfiles de aluminio, los módulos de la misma rama están conectados en serie, mientras que las ramas a su vez se conectan en paralelo; el inversor se fija cerca de los paneles y los paneles se fijan junto a los convertidores.

El costo de la instalación es de \$18.103,00 mientras que el tiempo de reembolso es a los 9 años y el valor actual neto (VAN) y la Tasa interna de retorno (Tir) son de 24.476,88 y 12.21 % respectivamente.

Las emisiones evitadas durante un año son de 3.704,33 kg de CO₂; 3,52 kg de CH₄; 18,90 kg de N₂O haciendo un total de 3.726,76 kg de gases de efecto invernadero que en 25 años representa 83.767,92 kg de estos gases.

Referencias Bibliográficas

- Fanghong Guo, C. W.-D. (2018). Distributed Control and Optimization Technologies in Smart Grid Systems. Texas: CRC Press.
- Himanshu Tyagi, A. K. (2018). Energy, Environment, and Sustainability. Kanpur: Springer Singapore .
- Jaramillo García, V. (2018). Generación fotovoltaica en el cantón Santa Rosa: Reducción de emisiones de dióxido de carbono. Conference Proceedings, 91 a 100.
- Kreith, F. K. (2018). Principles of Sustainable Energy Systems. New York: Chapman and Hall_CRC.
- Price, G. D. (2018). Renewable power and energy_ photovoltaic systems. Chennai: Momentum Press Engineering.
- Przemyslaw Komarnicki, P. L. (2017). Electric Energy Storage Systems_ Flexibility Options for Smart Grids. Berlin: Springer.
- Varadi, P. (2017). Sun Towards High Noon Solar Power Transforming Our Energy Future. Stanford: Pan Stanford publishing.
- White, S. (2019). Solar photovoltaic basics_ a study guide for the NABCEP Associate Exam. London: Routledge.
- Yahyaou, I. (2018). Advances in Renewable Energies and Power Technologies-Solar and Wind EnergiesSolar and Wind Energies. Madrid: -Elsevier Science Ltd.
- Yang, Y. (2019). Advances in grid-connected photovoltaic power conversion systems. Ulsan: Woodhead Publishing.
- Zhao, B. (2017). Grid integrated and standalone photovoltaic distributed generation systems _ analysis, design and control. Madrid: Elsevier.